

ИЗВЕСТИЯ

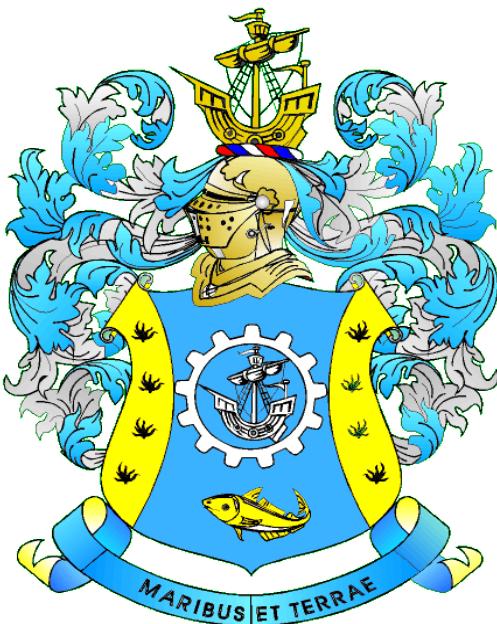
КГТУ

2024

№ 75

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Научный журнал



Индексирование журнала, включение в базы данных

Входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Agricultural Research Information System (Agris)

Калининград

«Известия КГТУ»
Учредитель: ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный
технический университет»

Научный журнал
Основан в 2002 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Н. А. Кострикова, канд. физ.-мат. наук, доц., проректор по научной работе;

Заместитель главного редактора: В. А. Наумов, д-р техн. наук, проф. кафедры техносферной безопасности и природообустройства.

Члены редакционной коллегии:

О. В. Агеев, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры инжиниринга технологического оборудования, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

И. С. Александров, д-р техн. наук, доц., директор Института морских технологий, энергетики и строительства, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

С. Т. Антипов, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия;

О. А. Анциферова, д-р с.-х. наук, доц., проф. кафедры агрономии и агроэкологии, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

А. Г. Архипов, д-р биол. наук, доц., научный координатор, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия;

О. О. Бабич, д-р техн. наук, доц., директор Института живых систем, Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия;

А. С. Баркова, д-р вет. наук, доц., заведующая кафедрой производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

О. М. Бедарева, д-р биол. наук, проф., заведующая кафедрой агрономии и агроэкологии, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

В. Ф. Белей, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой энергетики, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

В. В. Брюханов, д-р физ.-мат. наук, проф., ведущий научный сотрудник НОЦ «Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанофотоника», Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия;

О. А. Булатов, д-р биол. наук, проф., директор по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, Россия;

Н. Л. Великанов, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой судостроения, судоремонта и морской техники, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

- В. В. Верхотуров*, д-р биол. наук, проф., директор Института агроинженерии и пищевых систем, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- А. А. Герасимов*, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры строительства, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- В. И. Гнатюк*, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры энергетики, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- Е. М. Грамузов*, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры кораблестроения и авиационной техники, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия;
- В. В. Дорофеева*, д-р экон. наук, проф., заведующая кафедрой менеджмента, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- Л. С. Дышлюк*, д-р техн. наук, доц., старший научный сотрудник, Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия;
- С. В. Дятченко*, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры судостроения, судоремонта и морской техники, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- А. В. Иванов*, д-р экон. наук, проф., проф. кафедры менеджмента, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- И. П. Корнева*, канд. техн. наук, доц., проф. кафедры физики, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- О. В. Кригер*, д-р техн. наук, доц., проф. Института живых систем, Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия;
- Е. А. Криксунов*, член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, проф., заведующий лабораторией онтогенеза кафедры ихтиологии, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия;
- С. Н. Лябзина*, д-р биол. наук, доц., проф. кафедры зоологии и экологии, Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия;
- О. Я. Мезенова*, д-р техн. наук, проф., заведующая кафедрой пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- А. Г. Мнацаканян*, д-р экон. наук, проф., директор Института отраслевой экономики и управления, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- А. Б. Муромцев*, д-р вет. наук, проф., Калининградский институт переподготовки кадров агробизнеса, г. Калининград, Россия;
- Е. Н. Науменко*, д-р биол. наук, доц., проф. кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
- Никитас Никитакос*, проф., Морская академия, г. Шарджа, Объединенные Арабские Эмираты;
- В. А. Панфилов*, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

А. И. Притыкин, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры строительства, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

Л. И. Сергеев, д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой экономической теории и инструментальных методов, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

Н. Я. Синявский, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физики, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

В. А. Слежкин, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры химии, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

А. В. Снытников, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры прикладной информатики, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

Т. Е. Степанова, д-р экон. наук, проф., заведующая кафедрой экономической безопасности, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

С. В. Супрунова, выпускающий редактор;

В. И. Сутырин, д-р техн. наук, доц., проф. образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий», Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия;

О. Я. Тимофеев, д-р техн. наук, проф., декан факультета кораблестроения и океанотехники, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия;

Е. В. Ульрих, д-р техн. наук, доц., заместитель директора Института агронженерии и пищевых систем по научной и международной деятельности, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

С. В. Федоров, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой теории механизмов и машин и деталей машин, Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

А. В. Юров, д-р физ.-мат. наук, проф., директор образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий», Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия.

Адрес редакции: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1;
тел.: (4012) 99-59-01, 99-59-10, 99-59-74; факс: (4012) 91-68-46;
сайт: www.klgtu.ru; E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru

© ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
2024



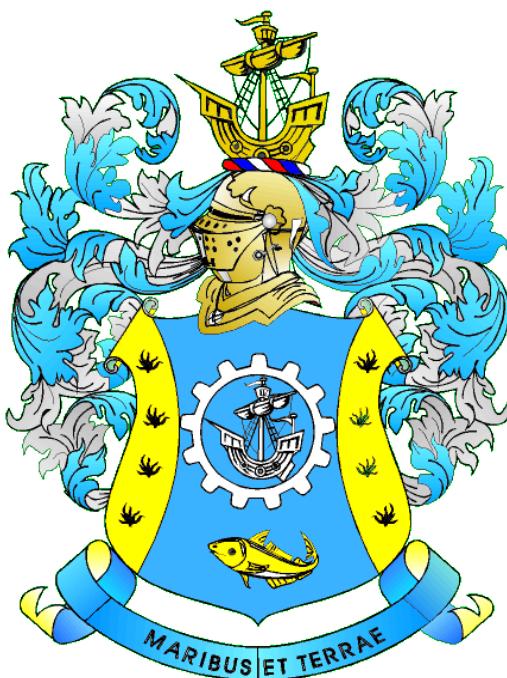
KSTU NEWS

2024

№ 75

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«KALININGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY»

SCIENTIFIC JOURNAL



Journal index, registration in databases

Included in the list of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the candidate of science degree and for the doctor of science degree should be published

Russian Index of Scientific Citation (RISC)
Agricultural Research Information System (Agris)

Kaliningrad

СОДЕРЖАНИЕ

Биология, экология и рыбное хозяйство

Анциферова О. А. Теоретические основы и принципы создания Красной книги почв Калининградской области	11
Колесникова А. Д., Судник С. А. Черты биологии антарктического криля <i>Euphausia superba</i> Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae) из бассейна Пауэлла в 2020 г.	26
Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Бактерии рода <i>Proteus</i> в пробочных продуктах животноводства и почве	40

Техника и технология пищевых производств

Винокур М. Л., Андрюхин А. В., Морозов И. О. Ферментативная экстракция жира из голов салаки с использованием протосубтилина ГЗх	55
Воротников Б. Ю., Соклаков В. В., Булычев А. Г., Рачкова Н. А. Методология выявления фальсификаторов лососевой икры	65
Резниченко И. Ю., Фролова Н. А., Подашев Д. Б., Александров И. С. Разработка и оценка качества мягкого сырного продукта с растительным молоком	77
Рыков А. И., Агафонова С. В. Обоснование выбора заквасочной культуры молочнокислых организмов для производства обогащенного йогурта	88

Судостроение, машиностроение и энергетика

Лукьянова О. О., Мушенков А. А., Чуреев Е. А. Обоснование граничных условий и архитектурно-конструктивного типа при разработке современного тунцеловного судна для промысла в Атлантическом океане на ранних этапах проектирования	103
--	-----

CONTENT

Biology, ecology and fisheries

<i>Antsiferova O. A.</i> Theoretical foundations and principles of the creation of the Kaliningrad region Red Book of Soils	11
<i>Kolesnikova A. D., Sudnik S. A.</i> Biologic characteristics of Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae) from the Powell Basin in 2020	26
<i>Pilip L. V., Syrchnina N. V.</i> Proteus bacteria in animal by-products and soil	40

Processes and technology of food manufacturing

<i>Vinokur M. L., Andryukhin A. V., Morozov I. O.</i> Enzymatic extraction of oil from Baltic herring heads using protosubtilin G3x	55
<i>Vorotnikov B. Yu., Soklakov V. V., Bulychiov A. G., Rachkova N. A.</i> Methodology of salmon roe fraud detection	65
<i>Reznichenko I. Yu., Frolova N. A., Podashev D. B., Aleksandrov I. S.</i> Development and quality assessment of a soft cheese product with plant milk	77
<i>Rykov A. I., Agafonova S. V.</i> Justification of the choice of a starter culture of lactic acid organisms for the production of enriched yogurt	88

Shipbuilding, machine manufacturing and power engineering

<i>Lukyanova O. O., Mushenkov A. A., Chureev E. A.</i> Justification of boundary conditions and architectural and structural type in the development of a modern tuna vessel for fishing in the Atlantic Ocean at the early stages of design	103
--	-----

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.4

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-11-25

Теоретические основы и принципы создания Красной книги почв Калининградской области

Ольга Алексеевна Анциферова

Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

olga.antsiferova@kltu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5389-7243>

Аннотация. Статья посвящена теоретическим принципам формирования регионального реестра почв, подлежащих особой охране. Раскрыты причины отсутствия почв в Красной книге Калининградской области. Обосновано, что фундаментальной идеей, на которой базируется отечественный подход к охране почв, является учение об экологических функциях. Ценность и значимость почв раскрываются в 12 группах особой охраны. Фактическое наполнение этих групп региональными почвенными объектами должно проводиться по принципам зональности, приоритета целинных объектов, сохранении редких и исчезающих почв, исторической и экологической ценности. В результате сравнительно-географического подхода и анализа первого варианта (2009 г.) почвоохранного реестра для Калининградской области автором установлено, что требуется его существенная переработка и расширение. Сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в регионе является местом локализации ценных почвенных объектов из групп «целинные эталонные почвы», «редкие целинные почвы», «почвы как среда обитания растений и животных, включенных в Красную книгу», частично «городские почвы повышенной экологической значимости», «почвы археологических памятников». В связи с этим требуется дополнить содержание паспортов ООПТ за счет включения туда почв с целью распространения на них охранного статуса. Проблема пространственного выделения границ ценных почвенных объектов состоит в недостаточной информативности или отсутствии почвенных карт соответствующего масштаба, поэтому одной из задач развертывания работ по Красной книге почв Калининградской области должно являться цифровое картографирование современного состава почвенного покрова и выделение доли ценных почвенных объектов. Земли сельскохозяйственного назначения занимают около половины территории региона и содержат объекты из групп «редкие освоенные почвы», «сильно окультуренные почвы – модели высокого плодородия», «реперные почвы – объекты мониторинга», «почвы ключевых учебных полигонов и опорных пунктов исследовательских учреждений». Формой охраны для таких почв предполагаются агропочвенные заказники или присвоение статуса «ценные почвенные объекты специального использования».

Ключевые слова: охрана почв, Красная книга почв, экологические функции, ценные почвенные объекты, эталоны почв.

© Анциферова О. А., 2024

Для цитирования: Анциферова О. А. Теоретические основы и принципы создания Красной книги почв Калининградской области // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 11-25. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-11-25.

Original article

Theoretical foundations and principles of the creation of the Kaliningrad region Red Book of Soils

Ol'ga A. Antsiferova

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

olga.antsiferova@kltu.mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5389-7243>

Abstract. The article is devoted to the theoretical principles of the formation of a regional register of soils subject to special protection. The reasons for the absence of soils in the Red Book of the Kaliningrad region are revealed. It is proved that the fundamental idea on which the domestic approach to soil protection is based is the doctrine of ecological functions. The value and significance of soils are revealed in 12 groups of special protection. The actual filling of these groups with regional soil objects should be carried out on the principles of zoning, priority of virgin sites, preservation of rare and endangered soils, historical and ecological value. As a result of the comparative geographical approach and analysis of the first version (2009) of the soil conservation register for the Kaliningrad region, it has been found that its significant processing and expansion is required. The network of specially protected natural territories (protected areas) in the region is a place of localization of valuable soil objects from the groups "virgin reference soils", "rare virgin soils", "soils as habitat for plants and animals included in the Red Book", partially "urban soils of increased ecological importance", "soils of archaeological sites". In this regard, it is necessary to supplement the content of the passports of protected areas by including soils there in order to extend the protected status to them. The problem of spatial allocation of boundaries of valuable soil objects is the lack of information content or the absence of soil maps of the appropriate scale. Therefore, one of the tasks of the deployment of work on the Red Book of Soils of the Kaliningrad region should be digital mapping of the current composition of the soil cover and the allocation of a share of valuable soil objects. Agricultural lands occupy about half of the territory of the region and contain objects from the groups "rare cultivated soils", "highly cultivated soils – models of high fertility", "reference soils – monitoring objects", "soils of key training grounds and strongholds of research institutions". The form of protection for such soils is assumed to be agro-soil reserves or the assignment of the status of "valuable soil objects of special use".

Keywords: soil protection, Red Book of Soils, ecological functions, valuable soil objects, soil standards.

For citation: Antsiferova O. A. Theoretical foundations and principles of the creation of the Kaliningrad region Red Book of Soils. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2024; (75): 11-25. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-11-25.

ВВЕДЕНИЕ

Со времени публикации «Красной книги почв России» прошло 15 лет [1]. Проблема охраны почв за прошедший период только обострилась по причине со-

вокупного действия глобальных климатических изменений и антропогенного давления в форме урбанизации, сельскохозяйственной и промышленной деятельности [2–4].

Понимание охраны почв и ее значения гораздо шире, чем узконаправленная защита от загрязнения, эрозии, других видов деградации [5–7]. Согласно Красной книге почв система почвоохранных мероприятий включает пять уровней: 1) защита почв от уничтожения и полной гибели; 2) защита освоенных почв от качественной деградации; 3) предотвращение негативных структурно-функциональных изменений освоенных почв; 4) восстановление деградированных освоенных почв; 5) восстановление естественных почв и почвенного разнообразия [1].

Уже в конце XX в. в России были обозначены принципы формирования Красной книги почв. В 2002 г. появилась правовая основа для краснокнижных работ в виде статьи 62 Федерального Закона «Об охране окружающей природной среды», которая постулирует: «Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почвы подлежат охране государством, и в целях их учета и охраны учреждаются Красная книга почв Российской Федерации и Красные книги почв субъектов Российской Федерации» [8]. Пионерами в этой работе явились коллективы ученых Оренбургской области и Калмыкии [9 - 10]. В последствии были созданы аналогичные каталоги для Ленинградской, Белгородской, Волгоградской областей [11–13]. В настоящее время возобновляется активное обсуждение и реализация формирования региональных почвоохранных реестров [14–15]. Отсутствие единой методической базы актуализирует работу по ревизии теоретических основ и принципов региональных Красных книг, в частности для Калининградской области.

В самом западном регионе России также проводились работы по выделению почв, требующих особой охраны. К 2009 г. коллективом ученых регионального отделения Общества почвоведов (Анциферова О. А., Рымаренко Д. А., Докучаев Н. С., Напреенко М. Г.) под общим руководством Анциферовой О. А. был подготовлен список из 14 объектов, который вошел в издание Красной книги почв России [1, с. 79–104]. Некоторым продолжением этих работ явились авторская характеристика почвенного покрова Национального парка «Куршская коса», которая опубликована в коллективной монографии «Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации» [16, с. 70–73]. В последующем проведены глубокие исследования состава, свойств, режимов, геохимии и продуктивности почв региона [17–24]. Это дает прочную научную базу для успешного решения задачи формирования современного полномасштабного и полноправного (наряду с растительными и животными объектами) списка почв (с их подробной характеристикой), подлежащих особой охране на региональном уровне.

Цель работы – обоснование теоретической базы создания Красной книги почв Калининградской области, выделение критериев и форм охраны.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются почвы Калининградской области, подлежащие особой охране по признаку включения в одну из категорий, предусмотренных Красной книгой почв [1]. Предмет исследования – принципы и регио-

нальные особенности применения теоретических положений экологии почв к созданию реестра ценных почвенных объектов Калининградской области.

Основными методами исследования явились: 1) ретроспективный анализ первого варианта списка региональных почв, рекомендуемых к особой охране; 2) сравнительно-географический метод, на основании которого выполнено ранжирование почв Калининградской области по зональному признаку и обоснованы принципы отбора объектов в почвоохраненный реестр; 3) критический анализ литературных источников по изученной проблематике.

В качестве теоретической основы отечественного подхода к охране почв принято учение об их экологических функциях (табл. 1).

Таблица 1. Экологические функции почвы (по Г. В. Добровольскому [5])

Table 1. Ecological functions of the soil (according to G. V. Dobrovolsky)

Физические	Химические и физико-химические	Информационные	Биогеоценотические
Жизненное пространство	Источник элементов питания	Пусковой механизм некоторых сукцессий	Круговорот вещества и энергии
Жилище и убежище	Стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов	Сигнализация суточных, сезонных и других ритмичных биологических процессов	Условие существования и эволюции организмов
Механическая опора	Аккумулятор влаги, элементов и энергии; биохимический синтез; плодородие	Регуляция численности и состава биогеоценозов	Санитарная функция
Банк семян и других зачатков	Сорбция веществ и микроорганизмов	«Память» биогеоценоза	Буферный экран

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Калининградской области парадоксальным является факт того, что, несмотря на огромную роль почвы в существовании любого биогеоценоза (природного и антропогенного), она до сих пор не заняла равного места в региональной Красной книге [25] наряду с растениями, животными, экосистемами. Причины такого состояния: 1) недостаточная информированность о задачах особой охраны почв и принципах отбора объектов; 2) незаконченность формирования списка ценных почвенных объектов, в частности, отсутствие цифровой характеристики состава и свойств при наличии описания строения 14 претендентов [1]; 3) отсутствие профессиональных ученых-почвоведов в коллегиальных органах, курирующих природоохранную деятельность.

Формирование реестра ценных почвенных объектов (ЦПО) – это прикладная региональная задача, для успешной реализации которой необходима теорети-

ческая основа. Этой фундаментальной базой являются учения о факторах и экологических функциях почв, что составляет суть экологии почв [5]. Охрана почв логично вытекает из этих теоретических представлений и предполагает их реализацию для ЦПО путем законодательных актов. Разработка методологии и обоснование форм охраны почв являются существенным вкладом в отечественное заповедное дело.

Фундаментальный подход к пониманию сути Красной книги почв заключается в том, что она содержит эталоны типичных или редких почв (локализованных в пространстве в виде элементарных почвенных ареалов или почвенных комбинаций), способных в полной мере выполнять все экологические функции, что и обеспечивает внутреннюю устойчивость биогеоценозов при постоянстве внешних факторов. Природные почвы являются биокосными системами, обладающими сложной многоуровневой организацией (от атомарного уровня до формирования почвенного покрова). В результате саморазвития под влиянием совокупности факторов в почвах сформировались уникальные черты строения, состава, свойств, а также функционирования в виде процессов и режимов. Антропогенное влияние прежде всего связано с изменением (чаще всего направленным) как почв в целом, так и отдельных составляющих этих систем. В результате происходит утрата части экологических функций почв, замена другими, перестройка основ функционирования. Региональные Красные книги почв содержат каталог объектов, ранжированных не только по их редкости, в отличие от растений и животных, но и по значимости для природы и человека, а также ценности их информационного содержания.

Для решения проблемы создания регионального почвоохранного реестра необходимо четко обосновать два пункта: 1) критерии выделения объектов; 2) формы охраны.

В Красной книге почв предлагается 12 групп почвенных объектов, которые могут подлежать особой охране: «целинные эталонные почвы, редкие целинные и освоенные почвы, почвы мемориального значения, почвы опорных пунктов исследовательских учреждений, почвы ключевых учебных полигонов, сильноокультуренные почвы – модели высокого плодородия, почвы как среда обитания растений и животных, внесенных в Красную книгу, реперные почвы – объекты мониторинга, ископаемые природные почвы, почвы археологических объектов, городские почвы повышенной экологической значимости» [1, с. 19]. При этом, в зависимости от степени изученности почвенного покрова, его разнообразия и местных условий, в региональные Красные книги почв может быть включено и меньшее количество почвоохраных групп. Как видно, принцип выделения охранных групп для почв имеет существенные отличия от такого для растений и животных. Объясняется это прежде всего экосистемными функциями почв, их хозяйственным значением как объектов, обладающих уникальным свойством – плодородием. Опыт создания региональных Красных книг показывает, что наполнение вышеуказанных групп реальными объектами может быть сопряжено с присвоением категорий, принятых в Международном союзе охраны природы (IUCN Red List Categories) [11]. Считаем, что такой подход возможно реализовать и для Красной книги почв Калининградской области, однако приоритет всегда остается за группой эталонных почв. Применительно к региону отбор почвенных эталонов должен строиться на зональной основе. Согласно почвенно-географическому районированию территория относится к Бореальному поясу, Европейско-Западно-

Сибирской таежно-лесной области подзолистых и дерново-подзолистых почв; зоны дерново-подзолистых почв южной тайги, Прибалтийской провинции дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв [26]. С своеобразие почвенного покрова, располагающегося на стыке природных и почвенных зон, заключается в распространении буровоземов [17–18; 27–28]. Этот факт нашел отражение в списке почв в Едином государственном реестре почвенных ресурсов России (ЕГРПРР) [29] и почвенно-экологическом районировании [30], поэтому предлагается ранжировать почвы по зональному признаку (табл. 2).

Таблица 2. Группировка почв Калининградской области по признаку зональности
Table 2. Grouping of soils of the Kaliningrad region on the basis of zoning

Группа	Почвы	Индекс
Зональные	Дерново-подзолистые	ПД
	Бурые лесные (буровоземы)	ЛБ
Полугидроморфно-зональные	Дерново-подзолистые глеевые	ПДГ
	Бурые лесные (буровоземы) глеевые	ЛБГ
	Дерново-подзолистые глеевые	ПДГ
Интразональные	Подзолистые	П
	Дерново-глеевые и перегнойно-глеевые	ДГ
	Дерново-карбонатные	ДК
	Болотные торфяные верховые	БВ
	Болотные торфяные низинные	БН
Азональные	Аллювиальные дерновые	АД
	Аллювиальные луговые	АЛ
	Аллювиальные болотные	АБ

Зональными считаются почвы типичные для данной зоны и доминирующие в ней. По признаку гидроморфизма они разделяются на собственно зональные (автоморфные неоглеенные) и полугидроморфно-зональные (имеющие признаки оглеения как отражение климатических условий). Интразональные почвы не имеют широкого распространения, встречаются небольшими ареалами и характерны для данной зоны. Азональные почвы встречаются во всех почвенных зонах и приурочены строго к определенным объектам (в данном случае, поймам рек).

Анализ почвенного покрова Калининградской области подтверждает распределение почв по зональному признаку. Так, в ЕГРПРР на долю зональных и полугидроморфно-зональных почв приходится 75,8 %, интразональных – 14,5 %, азональных – 9,6 %. На сельскохозяйственных угодьях доля зонального компонента несколько больше (80 %), а интразонального и азонального – меньше (11,7 и 8,2 % соответственно) [23, с. 19].

В списке почв особой охраны, предложенном нами в 2009 г. [1, с. 79–104], в группе «целинные эталонные почвы» представлены только 2 объекта зональных почв (причем оба относятся к буровоземам) и 6 объектов интразональных почв (представлены болотными верховыми почвами). Вполне очевидно, что требуется существенная доработка списка и включение в него полного спектра зональных и

полугидроморфно-зональных почв, репрезентативных почвенных комбинаций с участием интразональных и азональных почв, сохранивших малоизмененный облик растительности в границах природных заказников и национальных парков Калининградской области.

Группа «редкие целинные почвы» в списке 2009 г. представлена подзолистыми в комплексе с перегнойно-подзолистыми и перегнойно-глеевыми почвами участка национального парка «Куршская коса». Эта группа также требует доработки и расширения. Выделение почвенных объектов здесь должно строиться на принципе уникальности и редкости почвообразующих (подстилающих) пород или специфики химизма почвообразования при условии максимальной сохранности растительного покрова, типичного для почв. Претендентами на включение в эту группу являются редкие не только для региона, но и для почвенного покрова России почвы, сформировавшиеся на близко расположенных янтароносных отложениях (Самбийский полуостров, Зеленоградский муниципальный округ), почвы на палеогеновых ожелезненных песчаниках фации крант (Филинская бухта). Требуют изучения и охраны объекты с редкой для региона геохимией: дерново-карбонатные почвы, дерновые почвы на тяжелых озерно-ледниковых глинах, почвы с ортзандовым горизонтом, почвы с аккумуляциями дерновой руды, гажи, ви-вианита.

Настоятельная необходимость скорейшего закрепления охранного статуса за целинными эталонами почв диктуется интенсивным антропогенным прессом. За последнее десятилетие только на Самбийском полуострове в результате строительства нескольких веток приморского автомобильного кольца, промышленного, военного и гражданского строительства был уничтожен ряд лесных почв, описанных с подробной морфологической и химической характеристикой в авторской монографии 2008 г. [17–18]. Строительство в Филинской бухте, незаконная добыча янтаря, продолжающаяся застройка и расширение границ поселений, резко усилившийся туристический поток с неизбежным давлением на природные системы ставят под угрозу еще сохранившиеся редкие целинные почвы. Особые опасения вызывает широко развернувшееся строительство туристических объектов и инфраструктуры в приморской полосе. Преобладание почв подзолистого ряда и буровозов преимущественно легкого гранулометрического состава обуславливает их слабую устойчивость к процессам эрозии при сведении лесных насаждений. Это чревато разрушением не только почв, но и всех экосистем прибрежной полосы абразионных морских берегов, развитием обвалов, осипей, оползней. Поэтому предлагается сохранившимся почвам в приморской полосе шириной 100–200 м присвоить статус особо ценных объектов экологического значения.

Непосредственное экологическое значение создания Красной книги почв заключается в сохранении почвенного разнообразия. Эта проблема связана с картографированием и, в частности, масштабом выявления элементарных почвенных ареалов. Благодаря крупномасштабному поченному картографированию (М 1:10000), проведенному в советский период Калининградским филиалом СевЗапГипрозема, такая информация имеется для сельскохозяйственных угодий. Согласно системе диагностики и классификации 1977 г. с детализацией до низших таксономических единиц (разновидности и разряда) почвенное разнообразие сельскохозяйственных угодий составляет 457 вариантов (без выделения буровозов) [23]. Почвенные ареалы, чередуясь в пространстве, образуют специфический рисунок почвенного покрова, где площадь отдельных контуров варьирует от до-

лей гектара до единиц и десятков гектаров. Для лесных угодий такой информации не опубликовано, поэтому краснокнижные работы будут способствовать развитию современного цифрового картографирования для выявления почвенного разнообразия в лесных экосистемах, доли эталонных почв и почвенных комбинаций, их пространственных границ. Существенным аспектом является проведение научных работ по выявлению связи ценных почвенных объектов с растительным покровом и животным населением, то есть экосистемный анализ.

В Калининградской области земли сельскохозяйственного назначения составляют около 53 % от общего земельного фонда [31]. Учитывая высокое значение почв агроэкосистем, в почвоохранном реестре предусмотрено выделение нескольких групп: эталоны окультуренных почв, сильно окультуренные почвы - модели высокого плодородия, почвы опорных пунктов исследовательских учреждений, реперные почвы – объекты мониторинга [1]. Из почв агроландшафтов Калининградской области для особой охраны в 2004–2005 гг. предложены четыре объекта: аллювиальные болотные почвы польдеров, окультуренный буровозем под сенокосом, дерново-глееватая почва – объект агрохимического и экологического мониторинга Центра агрохимической службы «Калининградский» – и почва овощного севооборота – агрозем песчаный как пример регионального эталона максимальной степени окультуривания и высокой продуктивности. В настоящее время необходимо расширить список данной группы краснокнижных объектов за счет включения эталонов плодородия осушенных дерново-подзолистых и буровоземых пахотных почв различного гранулометрического состава и степени оглеения, почв участка многолетнего гидрологического мониторинга «Перелески» [24].

Отдельную группу представляют почвы, находящиеся на стадии восстановительных сукцессий. Это региональные экологические модели эволюции почв и растительности. К ним относятся следующие объекты: 1) старовозрастные залежи – угодья, выбывшие из активного сельскохозяйственного оборота, на которых восстанавливаются ценные лесные экосистемы с комплексом зональных почв и видов растительности; 2) торфовыработки, где активно развиваются процессы самовосстановления или реализуются экологические проекты воссоздания водно-болотных угодий [32] (карбоновый полигон «Росянка»).

Экологическая функция почв как летописи ландшафта открывается не только по результатам анализов современных профилей почв, но и расшифровки серий погребенных почв как природного, так и антропогенного происхождения. Этот аспект остается слабоизученным для региона на фоне широких перспектив реконструкции ландшафтов, климатических условий и жизни народов прошлого на данной территории. Совместная работа почвоведов и археологов отражена пока только в единичных публикациях [16, с. 73], поэтому в краснокнижные группы ископаемых природных почв и археологических памятников следует включить ряд объектов, содержащих погребенные почвы в долинах рек Преголи и Немана, почвы археологических памятников на Куршской косе, курганов эпохи пруссов и викингов (IX–XI вв.) на Самбийском полуострове. Активизация исследований в этом направлении принесет новые открытия.

Усиливающаяся урбанизация территории обостряет проблему сохранения ценных почв в условиях городской среды. Авторские исследования, проведенные в XXI в. в городских парках г. Калининграда, Балтийска, пгт. Янтарного [18], показывают, что данные почвы также требуют охранного статуса, что позволит уменьшить риск их рекреационной деградации и сохранит почвенное разнообра-

зие как условие устойчивого функционирования зеленого каркаса. При этом почвы старых парковых экосистем нередко являются рефугиумами краснокнижных или редких интродуцированных растений в городской среде.

Таким образом, в условиях Калининградской области существуют многочисленные объекты для наполнения всех групп, обозначенных в Красной книге почв России. Помимо поиска и паспортизации почвенных объектов, встает проблема форм их охраны. Предлагаются следующие формы: почвенные и комплексные заповедники и заказники, памятники истории, агропочвенные заказники, ценные почвенные объекты особого назначения [1, с. 19]. Реализация краснокнижного статуса в первую очередь связана с сетью имеющихся ООПТ. В Калининградской области в настоящее время насчитывается 116 ООПТ регионального и местного значения [33], а также 2 – федерального (национальные парки «Куршская коса» и «Виштынецкий» [34]), поэтому объекты особой охраны из групп «целинные эталонные почвы», «редкие целинные почвы», «почвы как среда обитания растений и животных, включенных в Красную книгу», частично «городские почвы повышенной экологической значимости», «почвы археологических памятников» в основном находятся на территориях ООПТ. Однако в паспортах ООПТ требуется отдельно обозначить, что охране подлежат не только растения, животные, экосистемы, но и конкретно почвы с указанием их классификационной принадлежности. В настоящее время в составе Красной книги Калининградской области вообще отсутствует понятие «почва». В тексте речь идет о «местах обитания» редких видов растений и животных, а при описании охраняемых экосистем – природных комплексов – в пункте «ландшафтно-экологическая характеристика» не встречается классификационного названия почв [25].

Для почв особой охраны из групп «окультуренные почвы – эталоны плодородия», «редкие освоенные почвы», «реперные почвы – объекты мониторинга» целесообразно создание агропочвенных заказников или присвоение статуса «ценные почвенные объекты специального использования».

Пропаганда знаний о почвах, их экологических функциях, региональном разнообразии будет способствовать экологическому просвещению общественности и руководящих органов, научно-обоснованному пониманию ценности почвенных объектов и необходимости охраны почвенного покрова. Основными формами данной работы являются научно-популярные лекции, семинары, экскурсии, документальные фильмы, создание музея калининградских почв, развитие направлений – ландшафтного и агротуризма.

Таким образом, для реализации статьи 62-го закона «Об охране окружающей природной среды» [8] на уровне Правительства Калининградской области требуется принять постановление о создании Красной книги почв и развертывании работ по ее реализации под эгидой Калининградского отделения Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Русского географического общества. Первым шагом является организация официальных экспедиционных работ для расширенного поиска ЦПО, особенно в лесах со статусом ООПТ (памятники природы, заказники, национальные парки).

ВЫВОДЫ

1. Региональный список ценных почвенных объектов для особой охраны, вошедший в 2009 г. в Красную книгу почв России, в настоящее время требует существенной доработки и расширения в связи с накопленным фактическим материалом и на основе современных технологий исследования и представления информации.

2. Включение объектов в Красную книгу почв должно проводиться на основе строго научного анализа в соответствии с принципами зональности, приоритета целинных объектов, сохранении редких и исчезающих объектов, исторической и экологической ценности, значимости как эталонов окультуривания и плодородия, особой исследовательской ценности.

3. Для преодоления недостаточной информированности руководящих органов и общественности требуется реализация широкой пропаганды биогеоценотической роли почв и необходимости сохранения почвенного разнообразия региона не только как среды обитания редких растений, животных, но прежде всего как самостоятельных биокосных систем, обладающих средообразующей функцией и плодородием.

4. Для научно-обоснованного проведения экспертного отбора ценных почвенных объектов, организации экспедиционных работ необходимо включение профессиональных почвоведов в состав региональных природоохранных комитетов.

Список источников

1. Красная книга почв России: объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв / науч. ред. Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. Москва: МАКС-Пресс, 2009. 576 с.
2. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): национальный доклад / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Москва: ООО «Издательство МБА», 2021. 700 с.
3. Евдокимова М. В. Прогноз экологического состояния земель субъектов Российской Федерации в целях устойчивого развития // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2023. Т. 78. № 2. С. 63–74. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-63-74.
4. Земельный потенциал России: состояние, проблемы и меры по его рациональному использованию и охране: аналитическая записка. Москва: Российская академия наук, 2023. 70 с.
5. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экология почв: учение об экологических функциях почв. Москва: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2012. 410 с.
6. Soil Conservation and Protection for Europe / From the first SCAPE workshop in Alicante (ES). Ed. A. Imeson. 2019. 114 p.
7. Erdogan H. E., Havlicek E., Dazzi C., Montanarella L., Liedekerke M. V., Vrčšaj B., Krasilnikov P., Khasankhanova G., Vargas R. Soil conservation and sustainable development goals (SDGs) achievement in Europe and central Asia: Which role for the European soil partnership? International Soil and Water Conservation Research. 2021. No. 9. P. 360–369.

8. Об охране окружающей среды: Фед. закон № 7-ФЗ [принят Гос. Думой 10.01.2002]. Москва, 2002. 113 с.
9. Красная книга почв Оренбургской области / А. И. Климентьев, А. А. Чибилев, Е. В. Блохин, И. В. Грошев. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2001. 296 с.
10. Ташнинова Л. Н. Красная Книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста, 2000. 216 с.
11. Красная книга почв Ленинградской области / Б. Ф. Апарин, Г. А. Касаткина, Н. М. Матинян, Е. Ю. Сухачева. С-Петербург: Аэроплан, 2007. 320 с.
12. Красная книга почв Белгородской области / В. Д. Соловиченко, С. В. Лукин, Ф. Н. Лисецкий, П. В. Голеусов. Белгород: Изд-во Белгородского гос. ун-та, 2007. 190 с.
13. Красная книга почв Волгоградской области / К. Н. Кулик, В. М. Кретинин, А. С. Рулёв, В. М. Шишкунов. Волгоград, 2017. 224 с.
14. Чернова О. В., Безуглова О. С. Принципы и особенности создания Красных книг почв степных регионов (на примере Ростовской области) // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 40–51.
15. Прокашев А. М., Матушкин А. С. Теоретико-методологические подходы к проектированию Красной книги почв Кировской области // Почвоведение, 2021. № 5. С. 641–654.
16. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации. Москва: Фонд «Инфосфера», НИА-Природа, 2012. 476 с.
17. Анциферова О. А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. Часть 1. Факторы почвообразования. Почвы подзолистого и буроземного рядов. Калининград, 2008. 397 с.
18. Анциферова О. А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. Часть 2. Дерново-глеевые, аллювиальные, болотные, постпланировочные, городские почвы. Структура почвенного покрова. Калининград, 2008. 424 с.
19. Юсов А. И. Эрозия почв Вармийской возвышенности. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. 201 с.
20. Уманский А. С. Почвенный покров экосистем бассейна реки Деймы: современное состояние и перспективы рационального использования. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. 141 с.
21. Анциферова О. А. Геохимия элементов в почвах Замландского полуострова: монография. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. 222 с.
22. Анциферова О. А. Мониторинг пахотных почв в приморском агроландшафте с развитием эрозии. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. 318 с.
23. Панасин В. И., Депутатов К. В., Вихман М. И. Почвы Калининградской области и их агрохимические свойства. Калининград: Изд-во БФУ им. Канта, 2020. 240 с.
24. Анциферова О. А. Гидрологический режим и агроэкологическая оценка почв агроландшафтов Самбийской равнины. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ». 2022. 356 с.
25. Красная книга Калининградской области / под ред. В. П. Дедкова, Г. В. Гришанова. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. 333 с.

26. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. Москва: КолосС, 2004. 460 с.
27. Завалишин А. А., Надеждин Б. В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. Москва: Изд-во АН СССР, 1961. С. 5–130.
28. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В. В. Орленок. Калининград: Изд-во Калининградского гос. ун-та, 2002. 276 с.
29. Калининградская область. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. URL: <https://egrpr.esoil.ru/content/adm/adm39.html> (дата обращения: 5.06.2024).
30. Урусевская И., Алябина И. О., Шоба С. А . Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте / отв. ред. И.С. Урусевская. Москва: МАКС Пресс, 2020. 100 с.
31. Площадь земель сельскохозяйственного назначения. Растениеводство. Территориальный орган Федеральной статистики по Калининградской области. URL: <https://39.rosstat.gov.ru/baza2> (дата обращения 10.06.2024).
32. Antsiferova O., Napreenko M., Napreenko-Dorokhova T. Transformation of Soils and Mire Community Reestablishment Potential in Disturbed Abandoned Peatland: A Case Study from the Kaliningrad Region, Russia // Land. 2023. No 12, Ac.1880. <https://doi.org/10.3390/land12101880>.
33. Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения в Калининградской области: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Калининградской области от 18.01.2021, № 18. Калининград, 2021. 28 с.
34. О создании национального парка «Виштынецкий». Постановление Правительства Российской Федерации от 01.04.2024, № 412. Москва, 2024. 140 с.

References

1. *Krasnaya kniga pochv Rossii: ob'yekty Krasnoy knigi i kadastra osobo tsenykh pochv*. Nauch. red. G. V. Dobrovolskiy, Ye. D. Nikitin [Red Book of Soils of Russia: Objects of the Red Book and cadastre of especially valuable soils. Scientific. ed. G. V. Dobrovolsky, E. D. Nikitin]. Moscow, MAKSPress Publ., 2009, 576 p.
2. *Global'nyy klimat i pochvennyy pokrov Rossii: proyavleniya zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsii posledstviy i adaptatsionnyye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyaystvo). Natsional'nyy doklad*. Pod red. R. S.-Kh. Edel'geriyeva [Global climate and soil cover in Russia: manifestations of drought, measures for prevention, control, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry). National report. Ed. R. S.-H. Edelgeriev]. Moscow, MBA Publ., 2021, 700 p.
3. Evdokimova M. V. Prognoz ekologicheskogo sostoyaniya zemel' sub'yektorov Rossiyskoy Federatsii v tselyakh ustoychivogo razvitiya [Forecast of the ecological state of the lands of the constituent entities of the Russian Federation for the purposes of sustainable development]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedeniye*, 2023, vol. 78, no. 2, pp. 63–74. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-63-74.

4. Zemel'nyy potentsial Rossii: sostoyaniye, problemy i mery po yego ratsional'nomu ispol'zovaniyu i okhrane: analiticheskaya zapiska [Land potential of Russia: state, problems and measures for its rational use and protection: analytical note]. Moscow, Rossiyskaya akademiya nauk, 2023, 70 p.
5. Dobrovolskiy G. V., Nikitin E. D. *Ekologiya pochv: ucheniye ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv* [Soil ecology: study of the ecological functions of soils]. Moscow, izd-vo Mosk. Gos. un-ta, 2012, 410 p.
6. Soil Conservation and Protection for Europe. From the first SCAPE workshop in Alicante (ES). Ed. A. Imeson, 2019, 114 p.
7. Erdogan H. E., Havlicek E., Dazzi C., Montanarella L., Liedekerke M. V., Vrčšaj B., Krasilnikov P., Khasankhanova G., Vargas R. Soil conservation and sustainable development goals (SDGs) achievement in Europe and central Asia: Which role for the European soil partnership? *International Soil and Water Conservation Research*, 2021, no. 9, pp. 360–369.
8. Ob okhrane okruzhayushchey sredy: Fed. zakon № 7-FZ. Prinyat Gos. Dumoy 10.01.2002 [On environmental protection: Fed. Law No. 7-FZ. Adopted by the State. Duma 01.10.2002]. Moscow, 2002, 113 p. (In Russian).
9. Klimentyev A. I., Chibilev A. A., Blokhin E. V., Groshev I. V. *Krasnaya kniga pochv Orenburgskoy oblasti* [Red Book of Soils of the Orenburg Region]. Orenburg, Institut stepi UrO RAN, 2001, 296 p.
10. Tashninova L. N. *Krasnaya Kniga pochv i ekosistem Kalmykii* [Red Book of soils and ecosystems of Kalmykia]. Elista, 2000, 216 p.
11. Aparin B. F., Kasatkina G. A., Matinyan N. M., Sukhacheva E. Yu. *Krasnaya kniga pochv Leningradskoy oblasti* [The Red Book of Soils of the Leningrad Region]. Saint-Petersburg, Aeroplan Publ., 2007, 320 p.
12. Solovichenko V. D., Lukin S. V., Lisetskiy F. N., Goleusov P. V. *Krasnaya kniga pochv Belgorodskoy oblasti* [Red Book of Soils of the Belgorod Region]. Belgorod, Belgorodskiy gos. un-t Publ., 2007, 190 p.
13. Kulik K. N., Kretinin V. M., Rulev A. S., Shishkunov V. M. *Krasnaya kniga pochv Volgogradskoy oblasti* [Red Book of Soils of the Volgograd Region]. Volgograd, 2017, 224 p.
14. Chernova O. V., Bezuglova O. S. Printsiipy i osobennosti sozdaniya Krasnykh knig pochv stepnykh regionov (na primere Rostovskoy oblasti) [Principles and features of creating Red Books of soils in steppe regions (using the example of the Rostov region)]. *Aridnye ekosistemy*, 2018, vol. 24, no. 1 (74), pp. 40–51.
15. Prokashev A. M., Matushkin A. S. Teoretiko-metodologicheskiye podkhody k proyektirovaniyu Krasnoy knigi pochv Kirovskoy oblasti [Theoretical and methodological approaches to the design of the Red Book of Soils of the Kirov Region]. *Pochvovedenie*, 2021, no. 5, pp. 641–654.
16. *Pochvy zapovednikov i natsional'nykh parkov Rossiyskoy Federatsii* [Soils of nature reserves and national parks of the Russian Federation]. Moscow, Fond "Infosfera", NIA-Priroda Publ., 2012, 476 p.
17. Antsiferova O. A. *Pochvy Zamlanskogo poluostrova i ikh antropogennoe izmenenie. Chast' 1. Faktory pochvoobrazovaniya. Pochvy podzolistogo i burozemnogo ryadov* [Soils of the Samland Peninsula and their anthropogenic changes. Part 1. Soil formation factors. Soils of podzolic and brown earth series]. Kaliningrad, 2008, 397 p.
18. Antsiferova O. A. *Pochvy Zamlanskogo poluostrova i ikh antropogennoe izmenenie. Chast' 2. Dernovo-gleevye, allyuvial'nye, bolotnye, postplanirovochnye*,

gorodskie pochvy. Struktura pochvennogo pokrova [Soils of the Samland Peninsula and their anthropogenic changes. Part 2. Sod-gley, alluvial, marsh, post-grading, urban soils. Soil cover structure]. Kaliningrad, 2008, 424 p.

19. Yusov A. I. *Eroziya pochv Varmiyskoy vozvyshennosti* [Soil erosion of the Warmia Upland]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2011, 201 p.

20. Umansky A. S. *Pochvennyy pokrov ekosistem basseyna reki Deymy: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Soil cover of ecosystems in the Deima River basin: current state and prospects for rational use]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2013, 141 p.

21. Antsiferova O. A. *Geokhimiya elementov v pochvakh Zamlanskogo polusotrova* [Geochemistry of elements in soils of the Samland Peninsula]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2013, 222 p.

22. Antsiferova O. A. *Monitoring pakhotnykh pochv v primorskom agrolandschafe s razvitiem erozii* [Monitoring of arable soils in a coastal agricultural landscape with the development of erosion]. Kaliningrad, FGBOU VO "KGTU", 2017, 318 p.

23. Panasin V. I., Deputatov K. V., Vikhman M. I. *Pochvy Kaliningradskoy oblasti i ikh agrokhimicheskie svoystva* [Soils of the Kaliningrad region and their agrochemical properties]. Kaliningrad, FGBOU VO "KGTU", 2020, 240 p.

24. Antsiferova O. A. *Gidrologicheskiy rezhim i agroekologicheskaya otsenka pochv agrolandschaftov Sambiyskoy ravniny* [Hydrological regime and agroecological assessment of soils of agricultural landscapes of the Sambian plain]. Kaliningrad, FGBOU VO "KGTU", 2022, 356 p.

25. Krasnaya kniga Kaliningradskoy oblasti. Pod red. V. P. Dedkova, G. V. Grishanova [Red Book of the Kaliningrad Region. Ed. V. P. Dedkov, G. V. Grishanov]. Kaliningrad, RGU im. I. Kanta, 2010, 333 p.

26. Dobrovolskiy G. V., Urusevskaya I. S. *Geografiya pochv* [Geography of soils]. Moscow, KolosS Publ., 2004, 460 p.

27. Zavalishin A. A., Nadezhdin B. V. *Pochvennyy pokrov Kaliningradskoy oblasti* [Soil cover of the Kaliningrad region]. *Pochvy Kaliningradskoy oblasti*. Moscow, AN SSSR, 1961, pp. 5–130.

28. Geograficheskiy atlas Kaliningradskoy oblasti. Gl. red. V. V. Orlenok [Geographical atlas of the Kaliningrad region. Ch. ed. V. V. Orlenok]. Kaliningrad, Kaliningradskiy gos. un-t Publ., 2002, 276 p.

29. Unified State Register of Soil Resources of Russia. URL: <https://egrpr.esoil.ru/content/adm/adm39.html> (accessed 05 June 2024). (In Russian).

30. Urusevskaya SI, Alyabina I. O., Shoba S. A. *Karta pochvenno-ekologicheskogo rayonirovaniya Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:8 000 000. Poyasnitel'nyy tekst i legenda k karte* [Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:8 000 000. Explanatory text and legend to the map]. Moscow, MAKS Press Publ., 2020, 100 p.

31. Ploshchad' zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya. Rasteniyevodstvo [Area of agricultural land. Plant growing]. *Territorial'nyy organ Federal'noy statistiki po Kaliningradskoy oblasti*. URL: <https://39.rosstat.gov.ru/baza2> (accessed 10 June 2024).

32. Antsiferova O., Napreenko M., Napreenko-Dorokhova T. Transformation of Soils and Mire Community Reestablishment Potential in Disturbed Abandoned Peatland: A Case Study from the Kaliningrad Region, Russia. *Land*, 2023, no. 12, ac. 1880.DOI 10.3390/land12101880.

33. Ob utverzhdenii perechnya osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy regional'nogo i mestnogo znacheniya v Kaliningradskoy oblasti: prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Kaliningradskoy oblasti ot 18.01.2021, № 18 [On approval of the list of specially protected natural areas of regional and local significance in the Kaliningrad region. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Kaliningrad Region dated 18.01.2021, no. 18]. Kaliningrad, 2021. 28 p. (In Russian).

34. O sozdanii natsional'nogo parka "Vishtynetskiy": Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 01.04.2024, № 412 [On the creation of the Vishtynetsky National Park. Decree of the Government of the Russian Federation of 01.04.2024, no. 412]. Moscow, 2024, 140 p. (In Russian)

Информация об авторе

О. А. Анциферова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Information about the author

O. A. Antsiferova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Статья поступила в редакцию 24.07.2024; одобрена после рецензирования 15.08.2024; принята к публикации 12.09.2024.

The article was submitted 24.07.2024; approved after reviewing 15.08.2024; accepted for publication 12.09.2024.

Научная статья

УДК 574.2: 574.5: 595.36

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-26-39

**Черты биологии антарктического криля *Euphausia superba* Dana, 1850
(Euphausiacea: Euphausiidae) из бассейна Пауэлла в 2020 г.**

Александра Дмитриевна Колесникова¹, Светлана Александровна Судник²

^{1,2} Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹kolesnikova_aleksasha@bk.ru

²svetlana.sudnik@klgtu.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию биологии антарктического криля (*Euphausia superba* Dana, 1850), массового промыслового вида Антарктической части Атлантики (АЧА). Будучи фитопланктофагом, криль является важным звеном в пищевых цепях и распределении первичной продукции. *E. superba* – высокооцененное сырье многих сфер промышленности, играет важную роль в отечественном промысле. В целом, в ходе анализа 805 особей криля из бассейна Пауэлла отмечено преобладание в пробах ювенильных особей, а среди разнополых особей – самок. Общая длина тела криля составила 13,6 – 50,2 мм (при длине карапакса 3,1 – 19,0 мм), индивидуальная масса – 0,02 – 1,20 г. Самцы *E. superba* бассейна Пауэлла, в среднем, оказались крупнее самок, однако длина карапакса самок была больше. Впервые для криля этого района показано достоверное опережение весового роста над линейным. Как среди самцов, так и среди самок преобладали мелкие особи (длина тела 29,3 – 36,4 мм) с неразвитыми или слабо развитыми гонадами и совокупительными органами, почти созревшие особи встречались редко, их размеры были крупнее (45,3 – 46,5 мм). Также впервые для вида определен гонадосоматический индекс предзрелых самок, который составил 12 – 25 %, и рассчитаны средние размеры наиболее развитых вителлогенных ооцитов – 0,42 x 0,54 мм. Разнокачественность созревания самок, вероятно, связана с особенностями циркуляции вод исследуемого промыслового района и переноса сюда молоди.

Ключевые слова: антарктический криль, *Euphausia superba*, бассейн Пауэлла, длина, масса тела, размерно-весовая зависимость, репродукция, размеры ооцитов.

Благодарности: авторы выражают большую благодарность сотрудникам института океанологии им. П. П. Ширшова (г. Москва) за предоставление материала *E. superba*.

Для цитирования: Колесникова А. Д., Судник С. А. Черты биологии антарктического криля *Euphausia superba* Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae), из бассейна Пауэлла в 2020 г. // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 26-39. DOI: 10.46845/1997-3071-2024-75-26-39.

Original article

Biologic characteristics the of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae), from the Powell Basin in 2020

Aleksandra D. Kolesnikova¹, Svetlana A. Sudnik²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹kolesnikova_aleksasha@bk.ru

²svetlana.sudnik@klgtu.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the biology of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana, 1850), a mass commercial species in the Antarctic part of the Atlantic (APA). As a phytoplanktivore, krill is an important link in food chains and primary production distribution. *E. superba* is a highly valuable raw material for many industries and plays an important role in domestic fishing. In general, during the analysis of 805 krill individuals from the Powell Basin, the predominance of juvenile individuals in the samples was noted, and among heterosexual individuals – females. The total body length of krill was 13.6–50.2 mm (with the length of the carapace 3.1–19.0 mm). The individual body weight of the individuals was 0.02–1.2 g. Males of *E. superba* of the Powell basin, on average, turned out to be larger than females, at the same time, but along the length of the carapace, the females reached large maximum sizes. For the first time for krill of this region, a significant advance in weight growth over linear growth was shown. Both males and females were dominated by small individuals (body length 29.3–36.4 mm) with very undeveloped or poorly developed gonads and copulatory organs, almost mature individuals were rare, their sizes were larger (45.3–46.5 mm). For the first time, the gonadosomatic index of precocious females was determined for the species, which amounted to 12–25%. For the first time, the average sizes of the most developed vitellogenic oocytes – 0.42 x 0.54 mm – were calculated for krill in the basin. The heterogeneity of maturation of female krill is probably related to the peculiarities of water circulation in the studied fishing area of the study and the transfer of juveniles here.

Keywords: antarctic krill, *Euphausia superba*, Powell basin, length, body weight, size-weight dependence, reproduction, sizes of oocytes.

Acknowledgments: the authors express their gratitude to the staff of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology (Moscow) for providing *E. superba* material.

For citation: Kolesnikova A. D., Sudnik S. A. Biologic characteristics of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae), from the Powell Basin in 2020 // *Izvestiya KGTU=KSTU News.* 2024;(75): 26-39. (In Russ.). DOI: 10.46845/1997-3071-2024-75-26-39.

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль *Euphausia superba* Dana, 1850 – важнейший с точки зрения экологии и ресурса вид ракообразных, массово распространенный в средних и более низких широтах, в том числе в водах, близ субантарктических островов, в районах Юго-Западной Атлантики, в частности в водах бассейна Пауэлла. Этот планктофаг – пища многих морских хищников и беспозвоночных.

Благодаря высокой биомассе (более 300 млн т), активной суточной вертикальной миграции, участию в круговороте питательных веществ и стимулированию первичной продукции криль играет огромную роль в экосистеме Антарктической части Атлантического океана [1–4].

E. superba – ценный объект современного рыболовства, управляемого комиссией по сохранению морских живых организмов (АНТКОМ), его годовой вылов достигает 400 тыс. т в год. Важно возобновление промысла вида и для отечественного рыболовства: криль активно используется в производстве продуктов питания, косметической промышленности, медицине и аквакультуре, обладает высокой пищевой ценностью и доступностью скоплений для орудий лова. К началу нового десятилетия в стратегии развития рыбохозяйственного комплекса государством предусмотрено возобновление массового промысла криля объемом до 450 тыс. т в год [4–6].

В настоящее время существует целый ряд публикаций, включающих данные об обилии, пространственном распространении, биологии вида из бассейна, однако чаще всего биологические параметры криля рассмотрены некомплексно, фрагментарно из-за того, что при сборе данных использовалась упрощенная методика полевого анализа. Наша работа продолжает важные мониторинговые исследования биологии криля бассейна Паузэлла, а использование оригинальной лабораторной методики комплексного биологического анализа позволяет провести детальное изучение аспектов репродуктивной биологии криля [7–10].

Цель исследовательской работы – изучение основных биологических характеристик *E. superba* из вод бассейна Паузэлла летом 2020 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал – пробы криля *E. superba* (805 особей из 6 проб), собранного сотрудниками Института океанологии Российской академии наук в середине января – начале февраля 2020 г. на борту научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» (табл. 1, рис. 1). В число использованных орудий лова вошли разноглубинные тралы Айзекса-Кидда в модификации Самышева и Асеева (РТАКСА, площадь раскрытия трала 6 м², размер ячей в трале 4 мм, в кутце трала – 500 мкм) и трал Сигсби. Значительное количество молоди было поймано сетями Бонго (диаметр входного отверстия 60 см, размер ячей сети – 500 мкм) и Джеди (диаметр входного отверстия 0,1 м, размер ячей 300 мкм) с горизонтов 200–50 м и 50–0 м. Фиксация материала осуществлялась с использованием формалина 4 – 6 % концентрации. Исследование особей криля производилось по оригинальной методике комплексного лабораторного биологического анализа, включающей измерение общей длины тела (ДТ) и длины карапакса (ДК) каждой особи криля с точностью 0,01 мм; определение пола, массы тела и массы яичников (точность – до 0,01 г); анализ степени развития вторичных половых признаков (петазмы и теликума) у самцов и самок; оценку стадии зрелости гонад по 6-балльной шкале; измерение в гонадах созревающих самок наиболее зрелых ооцитов (измеряют большой и малый диаметры не менее 10 ооцитов с точностью 0,01 мм); нахождение разового

гонадосоматического индекса (ГСИ) предзрелых самок (отношение массы яичников к массе тела самки без яичников в %) [8, 11].

Для сравнения средних значений (m) длины и массы тела особей в расчет включено стандартное отклонение ($\pm sd$), которое указывает на разброс значений относительно среднего значения в выборке (представлено как $m \pm sd$). Достоверность (значимость) различий средних величин нескольких выборок определена с учетом t -теста (критерия Стьюдента), с применением функции анализа данных MS Excel. В используемой системе сравнивается статистическое (расчетное) значение критерия Стьюдента с табличным (если $t_{\text{стат.}} < t_{\text{табл.}}$ – различия не достоверны, и наоборот).

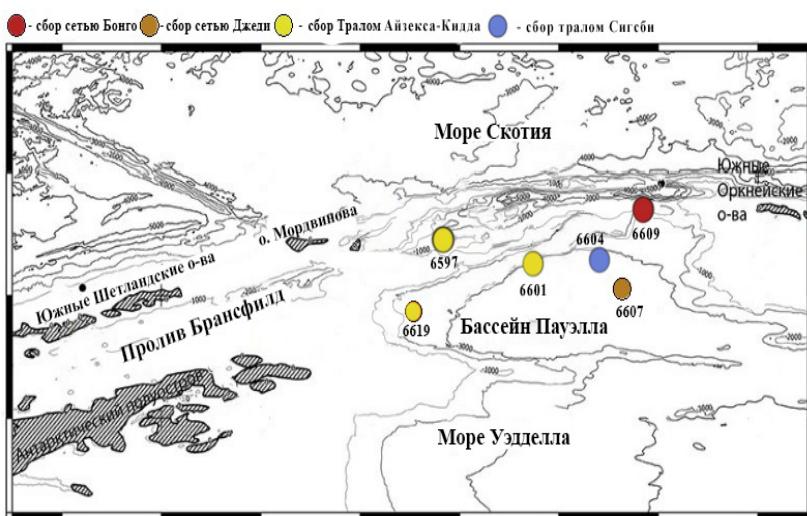


Рис. 1. Место сбора проб
 Fig. 1. Sample collection sites

Таблица 1. Объем материала *E. superba* из бассейна Паузлла, 2020 г.
 Table 1. The volume of *E. superb* material from the Powell Basin, 2020

Дата	Станция	Орудие лова	Глубина, м	Фиксация	Количество особей, шт.
23.01	6597	трап Айзекса-Кидда	0–700	формалин, 6 %	82
25.01	6601		0–200		54
26.01	6604	трап Сигсби	0–287		15
28.01	6607	сеть Джеди	265	формалин, 4 %	187
	6609	сеть Бонго	0–200		321
01.02	6619	трап Айзекса-Кидда	216	формалин, 6 %	146
Итого					805

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В бассейне Пауэлла соотношение полов особей криля варьировало от станции к станции. В целом отмечено преобладание ювенильных особей (над самками и над самцами – в 2 – 16 раз), при этом в большинстве проб самки в 1,5 – 2 раза численно доминировали над самцами. В одной пробе встретились только немногочисленные ювенилы криля (табл. 2).

Таблица 2. Половой состав криля *E. superba* из бассейна Пауэлла, 2020 г.
 Table 2. Sex composition of *E. superba* krill from the Powell Basin, 2020

Место сбора	Дата	Станция	Количество особей, шт.	Соотношение полов ювенилы / самцы / самки		
бассейн Пауэлла	23.01	6597	82	56 %	17 %	27 %
	25.01	6601	54	76 %	7 %	17 %
	26.01	6604	15	100 %	–	–
	28.01	6607	187	16 %	41 %	43 %
		6609	321	51 %	20 %	29 %
	01.02	6619	146	84 %	5 %	11 %

После проведения сравнительного анализа собственных и литературных данных выяснилось, что в целом в летних пробах ряда районов Южной Атлантики соотношение полов варьировало, часто с высокой долей ювенилов. Это могло быть следствием недавнего массового нереста криля в этих водах, а также поступления дрейфующей мелкой молоди в район бассейна Пауэлла из соседних районов в результате особенностей циркуляции вод Антарктической части Атлантики [8].

Таблица 3. Общая длина тела (мм) *E. superba* из бассейна Пауэлла, 2020 г.
 Table 3. Total body length (mm) of *E. superba* from the Powell Basin, 2020

Станция	Ювенилы	Самцы	Самки
	диапазон ($m \pm sd$)		
6597	20,1–32,0 (26,7±2,7)	27,0–46,0 (39,2±2,8)	28,3–40,5 (34,5±2,2)
6601	13,7–30,8 (22,5±2,0)	28,1–38,0 (32,8±2,9)	26,9–37,5 (32,2±2,4)
6604	13,9–17,2 (15,2±1,20)	–	–
6607	16,3–30,2 (24,2±2,1)	27,1–50,2 (38,1±2,5)	28,2–47,3 (37,0±2,5)
6609	13,7–32,0 (25,0±2,4)	27,0–49,0 (38,1±2,4)	26,9–46,3 (35,1±2,6)
6619	13,6–30,9 (20,6±1,9)	28,1–38,0 (32,3±2,3)	26,9–37,4 (32,6±2,5)

В целом во всех пробах бассейна Паузлла ДТ особей составила 13,6 – 50,2 мм (13,6 – 32,0 мм ювенилов; 27,0 – 50,2 мм самцов; 26,9 – 47,3 мм самок) при ДК 3,1 – 19,0 мм (3,1 – 13,2 мм ювенилов; 7,0 – 17,9 мм самцов; 8,4 – 19,0 мм самок) (табл. 3, рис. 1). Самцы достигали более крупных размеров, чем самки.

Анализ ДТ криля показал, что ювенилы из северо-западной части бассейна Паузлла (ст. 6597) были крупнее таковых из южной пробы (ст. 6619), а самые мелкие ювенилы, в сравнении с ювенилами остальных проб, отмечены в глубоководной котловине Паузлла (ст. 6604) ($t_{\text{стат}}=2,43-3,60$, $t_{\text{табл}} = 1,00-2,30$). Возможно, лов криля здесь пришелся на время недавнего личиночного подъема и формирования молоди [12].

Схожие результаты получены при сравнении размеров самцов: в шельфовой зоне (ст. 6597) их ДТ была больше ($t_{\text{стат}}=2,9-6,1$, $t_{\text{табл}}=1,9-2,3$), чем в районах, находящихся южнее и северо-восточнее (ст. 6619, 6601). Меньшей ДТ во всех пробах отличались особи, собранные в начале февраля ($t_{\text{стат}}=2,0-8,4$, $t_{\text{табл}}=1,1-1,9$). Среди самок разных проб достоверных различий в размерах тела не обнаружено.

Анализ половой размерной изменчивости показал, что средние размеры самок со ст. 6619 и 6601 (северо-западная и северо-восточная части бассейна) меньше, чем размеры самцов из более северных (6597) и южных (ст. 6607, 6609) районов ($t_{\text{стат}}=4,0-5,2$, $t_{\text{табл}}=2,3-3,0$).

По результатам других исследований ДТ особей криля в летних пробах 2020 г. из бассейна Паузлла составляла 21,3 – 50,2 мм, что по максимальным значениям сравнимо с нашими данными. Крупная молодь, как и в нашем исследовании, присутствовала в северо-западной части бассейна. Среди особей обоих полов практически повсеместно преобладали раки с размерами тела около 40 мм – эти данные схожи с нашими размерными показателями для самцов из северных и центральных районов бассейна, а по самкам отличаются – в нашем исследовании доминировали самки поменьше [8].

Анализ графиков размерного состава (рис. 1) показал доминирование среди ювенилов особей с ДК 6 – 8 мм (до 19 % от всех особей пробы), более крупные ювенилы (до 13 мм) встречены в единичных количествах (рис. 1). Среди самцов немного преобладали раки с ДК 11 – 13 мм, более крупных (до 18 мм) было крайне мало. Среди самок чаще встречались особи с модальными размерами 13 мм, более крупные (до 19 мм) попадались единично.

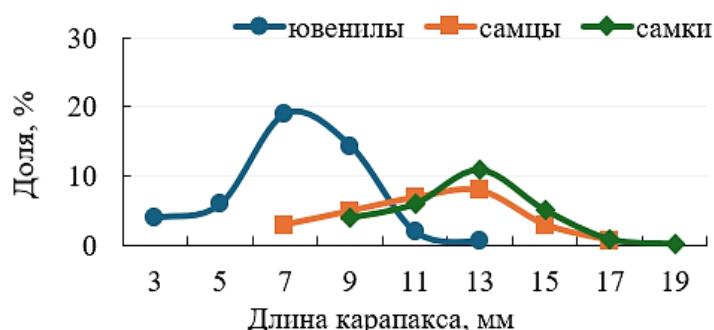


Рис. 2. Длина карапакса (мм) *Euphausia superba* из бассейна Паузлла, 2020 г.
 Fig. 2. *Euphausia superba* Carapace length (mm) from the Powell Basin, 2020

Масса тела особей криля *Euphausia superba* из бассейна Пауэлла составила 0,02 – 1,20 г (ювенилы – до 0,38 г, самцы – до 1,20 г, самки – до 1,04 г) (табл. 4). Средняя масса тела самцов была крупнее таковой у самок ($t_{\text{стат}}=7,03$, $t_{\text{табл}}=2,76$), что связано с их более крупными размерами тела.

Таблица 4. Масса тела особей криля (г) *E. superba* из бассейна Пауэлла, 2020 г.

Table 4. Body weight (g) of *E. superba* individuals from the Powell Basin, 2020

Ювенилы		Самцы			Самки			
масса тела		ДТ, мм	масса тела		ДТ, мм	масса тела		ДТ, мм
диапазон	$m \pm sd$		диапазон	$m \pm sd$		диапазон	$m \pm sd$	
0,02–0,38	$0,14 \pm 0,02$	13,6 – 32,0	0,17–1,20	$0,59 \pm 0,08$	27,0–50,2	0,22–1,04	$0,45 \pm 0,06$	26,9–47,3

Для сравнения: средняя масса особей криля (независимо от пола) из других районов Антарктической части Атлантики в 2020 г. варьировала от 0,55 г у о-вов Мордвинова и Жуэнвиль до 0,90 г у Южных Шетландских о-вов, что было достоверно больше полученных нами данных (табл. 4). Это может быть следствием преобладания в наших пробах ювенильных особей [13].

При анализе размерно-весовой зависимости, выполненной для особей криля бассейна Пауэлла впервые (рис. 2), отмечена достоверная положительная аллометрия массы тела особей криля относительно их общей длины тела (весовой рост опережал линейный).

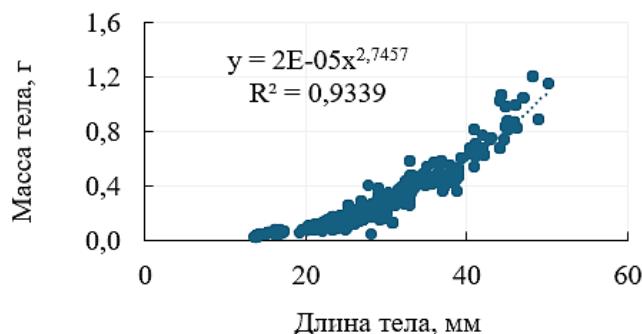


Рис. 3. Размерно-весовая зависимость у криля *Euphausia superba*, 2020 г.

Fig. 3. Size-weight relationship in *Euphausia superb* krill, 2020

Похожая связь размеров и массы тела у вида *E. superba* была определена другими авторами для особей из моря Скотия, вод Южных Шетландских о-вов, о-вов Мордвинова и Жуэнвиля [13].

Репродуктивное состояние самцов криля

В ходе анализа репродуктивного состояния 208 самцов выявлено преобладание (суммарная доля в пробах 66 %) мелких особей (средняя ДТ 29 – 36 мм) с неразвитыми и слаборазвитыми первичными и вторичными половыми признаками (табл. 8). Остальную долю составили более зрелые (с развитой

петазмой и практически полностью развитыми семенниками) и крупные ($t_{\text{стат}}=4,68-5,62$, $t_{\text{табл}}=1,96-2,03$), в сравнении с самцами первой группы, самцы (табл. 5). Вероятность линек, происходящих во время развития и созревания семенников у самцов криля, при этом очень высока. Нужно отметить, что процессы развития совокупительных органов и гонад у самцов криля происходили одновременно.

Картина репродуктивного состояния самцов криля из летних проб 2020 г. из бассейна Пауэлла у других авторов была схожа с нашими данными: среди самцов в большинстве случаев преобладали особи с неразвитыми семенниками и петазмой [8].

Таблица 5. Репродуктивное состояние самцов *E. superba* из бассейна Пауэлла, 2020 г.

Table 5. Reproductive condition of *E. superba* males from the Powell Basin, 2020

Стадия зрелости	Количество особей		$\bar{D}T$, мм $m \pm sd$	Степень развития половых признаков	
	шт.	%			
I	85	41	29,3 $\pm 1,3$	<i>семенники</i> слабо различимы на фоне других тканей, не развиты; <i>семяпроводы</i> без утолщений	Петазма недоразвита, имеет вид неподразделенной лопасти
II	51	25	36,4 $\pm 1,7$	<i>семенники</i> беловатого цвета, слабо развиты; <i>семяпроводы</i> с зачатками ампул и сперматофорных мешков	петазма двулопастной формы, с неразвитыми «крыльями» на эндоподитах
III	44	21	43,0 $\pm 2,1$	<i>семенники</i> практически полностью развиты; <i>семяпроводы</i> содержат сперматофоры с симметричными по форме головками	петазма двулопастной формы, с развитыми «крыльями» на эндоподитах
IV	28	13	46,5 $\pm 1,7$	<i>семенники</i> полностью развиты; <i>семяпроводы</i> с крупными сперматофорами с ассиметричными головками	петазма развита полностью, сперматофоры в ней отсутствуют

Репродуктивное состояние самок

Оценка репродуктивного состояния 221 самки криля выявила преобладание (суммарно – 83 %) самок с неразвитыми яичниками (ст. I и II; средняя ДТ 31 – 38 мм), при этом у 19 % из них теликум был уже развит (табл. 6). Остальную небольшую часть составили самки с развитым теликумом и яичниками в начале созревания (ст. III) и крупные предзрелые самки (ст. IV), размеры тела которых, в сравнении с размерами самок с неразвитыми гонадами (табл. 6), были достоверно крупнее ($t_{\text{стат}}=2,08-3,92$, $t_{\text{табл}}=1,53-2,75$), что свидетельствует в пользу линьки, проходящей перед созреванием яичников. Нужно отметить, что вторичные половые придатки у самок (теликум) начали развиваться раньше, чем их яичники. Самки криля на стадии репродуктивного состояния V (зрелые) в пробах января–февраля 2020 г. нами не встречены.

Анализ репродуктивного состояния самок криля бассейна Паузлла летом 2020 г. и его результаты, представленные другими авторами, в целом не противоречили полученным нами данным, за исключением присутствия в их исследованиях немногочисленных крупных зрелых самок. Интересно, что их преобладание описано в восточной части бассейна, где нами отмечена встреча самых крупных самцов и самок [8].

Таблица 6. Репродуктивное состояние самок *E. superba* из бассейна Паузлла, 2020 г.

Table 6. Reproductive condition of *E. superba* females from the Powell Basin, 2020

Стадия зрелости	Количество особей		ДТ, мм $m \pm sd$	Репродуктивное состояние	
	шт.	%		степень развития теликума, присутствие сперматофоров	стадия зрелости яичников
I	85	38	31,2 $\pm 2,1$	теликум не развит; сперматофоры отсутствуют	трудно отличимы, совсем не развиты
II	57	26	35,1 $\pm 1,2$	Начало стадии: теликум есть, стернальная и коксальная пластинки развиты не полностью Конец стадии: теликум полностью развит (пластинки теликума развиты), сперматофоры отсутствуют	не развиты, не созревающие; в конце стадии – золотистого цвета
	41	19	38,4 $\pm 0,9$		
III	23	10	38,6 $\pm 2,6$	теликум полностью развит, полон спермы и/или содержит сперматофоры	развивающиеся созревающие; цвет достигает золотистого
IV	15	7	45,3 $\pm 1,5$	теликум развитый, красного цвета	хорошо развиты предзрелые; красного цвета

Разовый гонадосоматический индекс (ГСИ) у 15 предзрелых самок (яичники на стадии IV) с ДТ $45,3 \pm 1,5$ мм варьировал от 12 до 25 %.

Данных для сравнения ГСИ у криля нами не найдено. При сравнении с ГСИ у креветок выявлены достаточно близкие максимальные и двукратно меньшие средние его значения для предзрелых и зрелых самок (2 – 24 %; $9,8 \pm 2,7$ %). Это указывает на отличный уровень трат на репродукцию, что может быть связано с реализацией у этих двух групп высших ракообразных разных типов репродуктивных стратегий [14].

Размеры наиболее развитых вителлогенных ооцитов в предзрелых яичниках этих самок криля составили в среднем $0,42 \times 0,54$ мм (малый диаметр x большой диаметр) (табл. 7).

Таблица 7. Размеры (мм) наиболее развитых ооцитов в яичниках предзрелых самок (стадия зрелости IV) *E. superba* из разных районов

Table 7. Sizes (mm) of the most developed oocytes in the *E. superba* pre-mature females (stage maturity IV) from the different regions

ДТ, мм	Размеры вителлогенных ооцитов, мм		Район	Год	Источник
	малый диаметр	большой диаметр			
диапазон ($m \pm sd$)					
42,1 – 47,3 ($45,3 \pm 1,6$)	0,35–0,51 ($0,42 \pm 0,05$)	0,45–0,70 ($0,54 \pm 0,06$)	бассейн Пауэлла	2020	наши данные
41,0–49,1 ($45,0 \pm 1,0$)	–	0,49–0,70 ($0,59 \pm 0,05$)	к западу от пролива Брансфилд	2002	[15]
44,3–49,8 ($47,0 \pm 1,3$)	–	0,45–0,60 ($0,57 \pm 0,07$)	Южные Шетландские о-ва	2006	[16]

Сравнение размеров наиболее развитых вителлогенных ооцитов в яичниках предзрелых самок *E. superba* из разных ареалов Южной Атлантики (табл. 7) показало отсутствие достоверных различий у среднеразмерных самок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ размерно-весового и полового состава, репродуктивных характеристик 805 особей *Euphausia superba*, собранных в бассейне Пауэлла в летний период 2020 г., выявил преобладание ювенильных особей над самцами и самками, а среди особей двух полов – самок. Общая длина тела криля составила 13,6 – 50,2 мм при длине карапакса 3,1 – 19,0 мм. Самые крупные половозрелые особи (самцы – 50,2 мм; самки – 47,3 мм) встречены на северо-западе бассейна. Масса тела особей варьировала от 0,02 до 1,20 г. Весовая структура самцов и самок района отличалась в соответствии с вариациями из размерного состава, самцы выделялись более крупной массой. Впервые для особей вида из бассейна Пауэлла выявлено опережение весового роста над линейным. Среди самцов и самок бассейна преобладали мелкие особи (средняя

длина тела 29 – 36 мм и 31 – 38 мм соответственно) с неразвитыми и слабо развитыми гонадами. Репродуктивная система более крупных особей была развита хорошо. Отличия во времени созревания самок криля одного района обитания могут быть результатом особенностей локальной циркуляции вод, смешивающей молодь местного и иного происхождения – разноразмерных особей от нерестов криля разных поселений. Разовый ГСИ предзрелых самок составил 12 – 25 %, в их яичниках преобладали развитые вителлогенные ооциты со средними размерами 0,42 x 0,54 мм. Отмечена схожесть ряда репродуктивных характеристик самок криля из бассейна Пауэлла с таковыми у особей из пролива Брансфилд и района Южных Шетландских островов.

Работа выполнена в рамках ИП НИР Научно-образовательного центра имени профессора Н. С. Гаевской ФГБОУ ВО «КГТУ» «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана», рег. № 13.13.029.2 (ОНИОКР УНИД КГТУ), а также в рамках научного сотрудничества и по заказу ИО РАН, г. Москва.

Список источников

1. Quantifying circumpolar summer habitat for Antarctic krill and Ice krill, two key species of the Antarctic marine ecosystem / B. Merkel, P. Trathan, S. Thorpe, E. J. Murphy, H. Pehlke, K. Teschke, G. P. Griffith // ICES Journal Marine Science. 2023. V. 80. N 6. P. 1773–1786.
2. Fisheries and Aquaculture. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3393/en> (дата обращения: 03.03.2024).
3. The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles / E. L. Cavan, A. Belcher, A. Atkinson, S. L. Hill, S. Kawaguchi, S. McCormack, B. Meyer // Nature Communications. 2019. V. 10. N 1. P. 1–13.
4. Evidence for a decline in the population density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 still stands / S. L. Hill, A. Atkinson, E. A. Pakhomov, V. Siegel // Journal of Crustacean Biology. 2019. V. 39. N 3. P. 316–322.
5. Understanding the structure and functioning of polar pelagic ecosystems to predict the impacts of change / E. J. Murphy, R. D. Cavanagh, K. F. Drinkwater, S. M. Grant, J. J. Heymans, E. E. Hofmann, G. L. Hunt, N. M. Johnston // Biological Sciences. 2016. V. 283. N 1844. P. 16–46.
6. Распоряжение Правительства РФ № 2798-р «Об утверждении стратегии развития рыболовственного комплекса РФ на период до 2030 г. и плана мероприятий от 26 ноября 2019 г.» // Собрание законодательства РФ. 2019. 58 с.
7. Distribution and Demography of Antarctic Krill and Salps in the Atlantic Sector of the Southern Ocean during Austral Summer 2021–2022 / D. G. Bitiutskii, E. Z. Samyshev, N. I. Minkina, V. V. Melnikov, E. S. Chudinovskikh, S. I. Usachev, P. A. Salyuk, A. N. Serebrennikov, O. A. Zuev, A. M. Orlov // Water. 2022. V. 14. N 23. P. 21.
8. Состав популяции и транспорт молоди антарктического криля в районе бассейна Пауэлла / В. А. Спиридовон, А. К. Залота, В. А. Яковенко, К. М. Горбатенко // Труды ВНИРО. 2020. Т. 181. С. 33–47.

9. Solomatina A. S., Demina L. L., Spiridonov V. A. Trace element concentration in Antarctic krill reflecting their distribution in the Weddell Sea // Russian Journal of Earth Sciences. 2021. V. 21. N 4. P. 12.
10. Macro- and Mesozooplankton in the Powell Basin (Antarctica): Species Composition and Distribution of Abundance and Biomass in February 2020 / V. A. Yakovenko, V. A. Spiridonov, K. M. Gorbatenko, N. V. Shadrin, E. Z. Samyshev, N. I. Minkina // Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean. 2021. P. 409–420.
11. Судник С. А., Колесникова А. Д. Комплексная методика лабораторного анализа криля *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiaceae: Euphausiidae) // Всерос. науч.-практич. конф. (6 фев. 2022): материалы. Ульяновск: УГПУ им. И. Н. Ульянова, 2022. С. 225–233.
12. Ломакина Н. Б. Эвфаузииды Мирового океана. Ленинград: Изд-во Наука, 1978. 222 с.
13. Сытов А. М., Козлов Д. А. Размерный состав и биологическая характеристика антарктического криля // Труды АтлантНИРО. 2021. Т. 5. № 2. С. 101–115.
14. Судник С. А. Изменчивость гонадосоматического индекса у преднерестовых самок креветок // XII Междунар. научн. конф.: материалы. Москва: ЧОУВО МУ им. С. Ю. Витте, 2016. С. 146–159.
15. Siegel V., Watkins J. L. Distribution, biomass and demography of Antarctic krill, *Euphausia superba*, 2015 // Advances in Polar Ecology. 2015. V. 1. P. 21–100.
16. Cuzin-Roudy J. Ovarian development and sexual maturity staging in Antarctic Krill, *Euphausia superba* (Crustacea) // Journal of Crustacean Biology. 1991. V. 11. N 2. P. 236–249.

References

1. Merkel B., Trathan P., Thorpe S., Murphy E. J., Pehlke H., Teschke K., Griffith G. P. Quantifying circumpolar summer habitat for Antarctic krill and Ice krill, two key species of the Antarctic marine ecosystem. *ICES Journal Marine Science*. 2023. V. 80. N 6. P. 1773–1786.
2. Fisheries and Aquaculture. Available at: <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3393/en> (accessed 03 March 2024).
3. Cavan E. L., Belcher A., Atkinson A., Hill S. L., Kawaguchi S., McCormack S., Meyer B. The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles. *Nature Communications*. 2019. V. 10. N 1. P. 1–13.
4. Hill S. L., Atkinson A., Pakhomov E. A., Siegel V. Evidence for a decline in the population density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 still stands. *Journal of Crustacean Biology*. 2019. V. 39. N 3. P. 316–322.
5. Murphy E. J., Cavanagh R. D., Drinkwater K. F., Grant S. M., Heymans J. J., Hofmann E. E., Hunt G. L., Johnston N. M. Understanding the structure and functioning of polar pelagic ecosystems to predict the impacts of change. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*. 2016. V. 283. N 1844. P. 16–46.
6. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 2798-r "Ob utverzhdenii strategii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa RF na period do 2030 g. i plana meropriyatij ot 26 noyabrya 2019 g." *Sobranie zakonodatel'stv RF* [Collection of legislation of the Russian Federation]. 2019, 58 p.

7. Bitiutskii D. G., Samyshev E. Z., Minkina N. I., Melnikov V. V., Chudinovskikh E. S., Usachev S. I., Salyuk P. A, Serebrennikov A. N., Zuev O. A., Orlov A. M. Distribution and Demography of Antarctic Krill and Salps in the Atlantic Sector of the Southern Ocean during Austral Summer 2021–2022. *Water*. 2022, V. 14. N 23. P. 21.
8. Spiridonov V. A., Zalota A. K., Yakovenko V. A., Gorbatenko K. M. Sostav populyatsii i transport molodi antarkticheskogo krilya v rayone basseyna Pauella [Population composition and transportation of juvenile Antarctic krill in the Powell Basin area]. *Trudy VNIRO*. 2020, vol. 181, pp. 33–47.
9. Solomatina A. S., Demina L. L., Spiridonov V. A. Trace element concentration in Antarctic krill reflecting their distribution in the Weddell Sea. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 21. N 4. P. 12.
10. Yakovenko V. A., Spiridonov V. A., Gorbatenko K. M., Shadrin N. V., Samyshev E. Z., Minkina N. I. Macro- and Mesozooplankton in the Powell Basin (Antarctica): Species Composition and Distribution of Abundance and Biomass in February 2020. *Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean*. 2021. P. 409–420.
11. Sudnik S. A., Kolesnikova A. D. Kompleksnaya metodika laboratornogo analiza krilya *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) [Complex methodology of laboratory analysis of krill *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae)]. *Vseros. nauch.-praktich.konf. (6 fev. 2022): materialy* [All-Russian Scientific and Practical Conference (February 6, 2022): proceedings]. Ul'yanovsk. UGPU im. I. N. Ul'yanova, 2022, pp. 225–233.
12. Lomakina N. B. *Eufauziidy Mirovogo okeana* [Euphausiidae of the World Ocean]. Leningrad, Nauka Publ., 1978, 222 p.
13. Sytov A. M., Kozlov D. A. Razmernyy sostav i biologicheskaya kharakteristika antarkticheskogo krilya [Size composition and biological characteristic of Antarctic krill]. *Trudy AtlantNIRO*. 2021, vol. 5, no. 2, pp. 101–115.
14. Sudnik S. A. Izmenchivost' gonadosomaticeskogo indeksa u prednerestovykh samok krevetok [Variability of the gonadosomatic index in prenesting female shrimp]. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya: materialy* [International Scientific Conference: proceedings]. Moscow, 2016, pp. 146–159.
15. Siegel V., Watkins J. L. Distribution, biomass and demography of Antarctic krill, *Euphausia superba*, 2015. *Advances in Polar Ecology*. 2015. V. 1. P. 21–100.
16. Cuzin-Roudy J. Ovarian development and sexual maturity staging in Antarctic Krill, *Euphausia superba* (Crustacea). *Journal of Crustacean Biology*. 1991. V. 11. N 2. P. 236–249.

Информация об авторах

А. Д. Колесникова – магистрант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры
С. А. Судник – кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Information about the authors

A. D. Kolesnikova – Undergraduate student of the Department of Water Bioresources and Aquaculture

S. A. Sudnik – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Water Bioresources and Aquaculture

Статья поступила в редакцию 01.08.2024; одобрена после рецензирования 08.08.2024; принята к публикации 17.09.2024.

The article was submitted 01.08.2024; approved after reviewing 08.08.2024; accepted for publication 17.09.2024.

Научная статья

УДК 631.46:579.63

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-40-51

Бактерии рода *Proteus* в побочных продуктах животноводства и почве

Лариса Валентиновна Пилип¹, Надежда Викторовна Сырчина²

¹Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

²Вятский государственный университет, Киров, Россия

¹pilip_larisa@mail.ru*, <http://orcid.org/0000-0001-9695-7146>

²nvms1956@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8049-6760>

Аннотация. Применение побочных продуктов животноводства в качестве органических удобрений сопряжено с риском загрязнения окружающей среды широким спектром разнообразных микроорганизмов (МО), в том числе санитарно-показательными бактериями рода *Proteus spp.* В рамках настоящей работы проанализированы пробы почвы, отобранные на пахотном поле, удобляемом откачиваемой из лагун обезвреженной жидкостью фракцией свиных навозных стоков (ЖФ), а также пробы почвы, отобранные на расстоянии 500–600 м от границ поля. Во всех пробах выявлены *P. vulgaris* (показатель загрязнения почвы органическими веществами животного происхождения) и *P. mirabilis* (показатель фекального загрязнения). Количество *Proteus spp.* в удобляемой ЖФ пашне оказалось выше, чем в свином кале и свежей ЖФ (сразу после сепарации), т. е. почва является хорошей средой обитания для бактерий этого рода. Территории, находящиеся в сфере влияния животноводческих комплексов, можно рассматривать в качестве мест резервации условно-патогенных бактерий рода *Proteus*. Влияние различных способов обработки ЖФ на численность *Proteus* оценивали в лабораторных условиях. Для обработки ЖФ использовали различные типы сурфактантов (катионные, анионные, неионогенные), гипохлорит натрия, серную кислоту (подкисление до pH 5,5), а также приемы аэрации и создания анаэробных условий. Время наблюдений составило 14 суток. Для микробиологических исследований использовали образцы сформировавшихся на поверхности ЖФ биопленок и бактериопланктона. Количество *Proteus spp.* в биопленках всех вариантов эксперимента оказалось на 2–3 порядка ниже, чем в бактериопланктоне. Аэрация и анаэробные условия на численность *Proteus spp.* влияния не оказали. Применение неионогенного поверхностно-активного вещества (ПАВ) и подкисление снизило численность *Proteus spp.* в 10 раз, обработка ЖФ NaOCl, катионным и анионным ПАВ привела к снижению количества соответствующих бактерий на 2 порядка.

Ключевые слова: *Proteus*, санитарно-показательные микроорганизмы, навозные стоки, загрязнение почвы.

Для цитирования: Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Бактерии рода *Proteus* в пробочных продуктах животноводства и почве // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 40-51. DOI: 10.46845/1997-3071-2024-75-40-51.

Original article

Proteus bacteria in animal by-products and soil

Larisa V. Pilip¹, Nadezhda V. Syrchina²

¹Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

²Vyatka State University, Kirov, Russia

¹pilip_larisa@mail.ru*, <http://orcid.org/0000-0001-9695-7146>

²nvms1956@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8049-6760>

Abstract. The use of animal by-products as organic fertilizers is associated with the risk of environmental pollution by a wide range of various microorganisms, including sanitary-indicative bacteria of the genus *Proteus spp.* The article analyzed soil samples taken in an arable field fertilized by the neutralized liquid fraction of pig manure effluent (ME) pumped out of lagoons, as well as soil samples harvested at a distance of 500–600 m from the boundaries of the field. *P. vulgaris* (an indicator of soil contamination with organic substances of animal origin) and *P. mirabilis* (an indicator of fecal contamination) were detected in all samples. The amount of *Proteus spp.* in the arable land fertilized with ME turned out to be higher than in pig feces and fresh ME (immediately after separation), so the soil is a good habitat for bacteria of this genus. Territories under the influence of livestock complexes can be considered as places of reservation of opportunistic bacteria of the genus *Proteus*. The effect of various methods of processing the liquid fraction on the number of *Proteus* was evaluated in the laboratory. Various types of surfactants (cationic, anionic, nonionic), sodium hypochlorite, sulfuric acid (acidification to pH 5,5), as well as methods of aeration and creation of anaerobic conditions were used for the processing of liquid fraction. The observation time was 14 days. Samples of biofilms and bacterioplankton were used for microbiological research. The number of *Proteus spp.* in the biofilms of all experimental variants turned out to be 2–3 orders lower than in bacterioplankton. Aeration and anaerobic conditions had no effect on the abundance of *Proteus spp.* The use of nonionic surfactants and acidification reduced the number of *Proteus spp.* by 10 times, processing with NaOCl, cationic and anionic surfactants led to a decrease in the number of corresponding bacteria by 2 orders.

Keywords: *Proteus*, sanitary-indicative microorganisms, manure effluents, soil contamination.

For citation: Pilip L. V., Syrchina N. V. Proteus bacteria in animal by-products and soil // *Izvestiya KGTU=KSTU News.* 2024;(75): 40-51. (In Russ.). DOI: 10.46845/1997-3071-2024-75-40-51.

ВВЕДЕНИЕ

Функционирование современных промышленных агрохолдингов приводит к образованию большого количества побочных продуктов животноводства (ППЖ), в число которых входят навоз животных (НЖ) и навозные стоки (НС). Согласно Закону № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», обработанные ППЖ могут быть использованы в сельском хозяйстве для обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения. При внесении ППЖ в почву не допускается загрязнение окружающей среды (ОС) и ее компонентов токсичными элементами, пестицидами, паразитами, патогенными и болезнетворными МО [1]. Выполнение данного требования представляет серьезную проблему для животноводческих предприятий, поскольку НЖ и НС являются хорошей питательной средой для развития разнообразной биоты, а традиционные методы обработки ППЖ (накопление и выдерживание жидкой фракции НС в лагунах и компостирование твердых фракций на специализированных площадках) не позволяют гарантировать полную микробиологическую безопасность подготовленных для внесения в почву удобрений [2]. В связи с этим особую актуальность и практическую значимость приобретают исследования, направленные на снижение рисков биологического загрязнения окружающей среды ППЖ и обеспечение санитарного благополучия территорий, находящихся в сфере влияния животноводческих предприятий [3].

Выбор объекта исследований – бактерий рода *Proteus* – обусловлен следующими факторами:

- соответствующие бактерии относятся к санитарно-показательным микроорганизмам (СПМ) группы А (обитатели кишечника человека и животных);
- *Proteus mirabilis* рассматривают как показатель фекального загрязнения, а *Proteus vulgaris* – как показатель загрязнения объекта органическими веществами животного происхождения, при этом оба вида являются типичными представителями микробиома желудочно-кишечного тракта человека и животных [4];
- *Proteus* – условно-патогенные энтеробактерии, обладающие значительным патогенным потенциалом [5];
- данные бактерии способны вызывать гнойно-септические инфекции различной локализации, уроинфекции, диарею и другие заболевания [6, 7, 8], поэтому выявление мест резервации соответствующих МО в окружающей среде имеет большое санитарно-эпидемиологическое значение;
- *Proteus spp.* проявляет множественную устойчивость к антибиотикам, что сопряжено с высокими рисками переноса генов антибиотикорезистентности в окружающую среду [9, 10]. Генетические механизмы, способствующие приобретению генов устойчивости к различным классам антибиотиков, могут превратить такого типичного представителя рода *Proteus*, как *P. mirabilis*, в пандемически опасную бактерию, приводящую к трудноизлечимым инфекциям [11, 12].

Цель работы – оценить содержание бактерий рода *Proteus* в свиных навозных стоках и в почвах, удобряемых стоками, выявить перспективные

методы обработки ППЖ, способствующие снижению численности бактерий рода *Proteus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Кировской области в октябре 2023 г. Предметом исследований явились почвы, удобряемые ППЖ, почвы смежных территорий, свиные навозные стоки, кал животных.

Исследования включали изучение контаминации бактериями рода *Proteus* почвы удобряемых ППЖ пахотных земель и прилегающих территорий, а также оценку влияния различных способов обработки ППЖ на численность соответствующих МО.

Пробы почвы для микробиологических и химических исследований отбирали на пахотном поле, удобряемом откачиваемой из лагун обезвреженной ЖФ свиных НС («Поле»), и на заросшем лесом участке, расположенным на расстоянии 500–600 м от границ пахотного поля за пределами санитарно-защитной зоны (СЗЗ) животноводческого предприятия («Лес»). Почва пашни – агродерново-подзолистая среднесуглинистая, почва заросшего лесом участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Норма внесения ЖФ в пашню – 200 ± 20 т/га в год, сроки внесения – ежегодно в течение 7 лет в осенний и весенний периоды. ЖФ вносили внутрипочвенно с помощью буксируемой шланговой системы на глубину до 50 см. Поле использовали в кормовом севообороте, в год отбора проб на поле выращивали кукурузу на силос.

Все пробы почвы отбирали согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Всего было отобрано 60 точечных проб (по 30 проб полевой и лесной почв), из них составляли объединенные пробы, которые использовали для выполнения исследований. Всего было проанализировано 6 объединенных проб. При отборе и обработке проб соблюдали правила асептики, исключающие возможность вторичного микробиологического или химического загрязнения отбираемого материала. Методы химических исследований образцов почвы представлены в табл. 1.

Жидкую фракцию свиных НС получали путем сепарирования содержимого навозонакопительных ванн из цеха доращивания поросят в производственных условиях. Время нахождения НС в ваннах от начала заполнения до удаления (самосплавная система) – 14 суток, влажность ЖФ – 98 ± 1 %, pH – $6,8\pm0,2$. Пробы ЖФ отбирали в стерильные емкости сразу после сепарирования.

Пробы кала свиней отбирали в стерильные пробирки из прямой кишки при помощи стерильного ватного тампона. Навеску разводили в стерильном физиологическом растворе в соотношении 1:10. При отборе и транспортировании проб в специализированную микробиологическую лабораторию соблюдали правила асептики.

Обработку ЖФ проводили в условиях химической лаборатории. Для обработки использовали различные типы ПАВ, серную кислоту (H_2SO_4), гипохлорит натрия ($NaOCl$), а также приемы аэрации и создания анаэробных условий. При подборе реагентов учитывали следующее: реагенты в используемых дозировках не должны представлять опасность для животных, работников предприятия и окружающей среды; реагенты должны быть доступными и

экономичными; добавка реагентов должна обеспечивать бактерицидный или бактериостатический эффект.

Варианты эксперимента:

- 1) ЖФ без добавок (контроль);
- 2) ЖФ + раствор H_2SO_4 (10% масс.) до $pH = 5,5$;
- 3) ЖФ + $NaOCl$ ($1\text{ см}^3/\text{дм}^3$) раствора с массовой долей $NaOCl$ в растворе 6%);
- 4) ЖФ + катионное ПАВ – бензалкония хлорид ($0,01 \text{ г}/\text{дм}^3$);
- 5) ЖФ + неионогенное ПАВ – оксид лаурилдиметиламина ($0,01 \text{ г}/\text{дм}^3$);
- 6) ЖФ + анионное ПАВ – лауретсульфат натрия ($0,01 \text{ г}/\text{дм}^3$);
- 7) аэрация ЖФ кислородом воздуха;
- 8) выдерживание ЖФ в анаэробных условиях.

Образцы ЖФ помещали в стерильные пятилитровые пластиковые емкости (по 4 дм^3 в каждую емкость), вносили реагенты, перемешивали, закрывали емкости стерильными ватно-марлевыми пробками и оставляли в лабораторном помещении при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ на 14 суток. Для аэрации ЖФ использовали воздушный регулируемый компрессор AP-45R ($2 \times 180 \text{ дм}^3/\text{час}$) с керамическими распылителями. Распылители погружали на дно емкостей с ЖФ. Расход воздуха устанавливали на уровне $60 \text{ дм}^3/\text{час}$, аэрацию проводили круглосуточно на протяжении 14 суток. Для обеспечения анаэробных условий емкости с ЖФ закрывали пробками с газоотводными трубками, удаление образующихся газов из емкостей осуществляли через водяной затвор.

В вариантах 1–6 за время наблюдений на поверхности ЖФ сформировались биопленки, поэтому для микробиологических исследований использовали образцы соответствующих биопленок и образцы бактериопланктона, который отбирали с глубины 10–12 см. В варианте 8 сплошные биопленки не сформировались, поэтому анализировали только бактериопланктон.

В микробиологической лаборатории осуществляли ряд серийных десятикратных разведений образцов почвы, нативного кала, нативной ЖФ и ЖФ после обработки реагентами с высевом микробного материала на стандартную питательную среду (мясо-пептонный агар) в соответствии с ОФС.1.7.2.0008.15 (модифицированный агаровый чашечный метод), с последующим определением концентрации микробных клеток (КОЕ/г) и идентификацией МО, в том числе протея, с использованием биохимических тестов ЭнтероТест (Lachema, Чехия). Протеи растут на простых питательных средах, температурный оптимум $35\text{--}37^\circ\text{C}$, оптимум pH 7,2–7,4. Рост бактерий сопровождался появлением характерного гнилостного запаха.

Все исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов выполняли стандартными методами на основе встроенного пакета программ Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены данные, характеризующие химический состав и свойства отобранных образцов почвы.

Таблица 1. Химический состав и свойства отобранных образцов почвы
 Table 1. Chemical composition and properties of selected soil samples

Показатели	Значения		Метод анализа
	Поле	Лес	
pH _{KCl}	4,9±0,2	4,2±0,1	Ионометрический по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85)
Фосфор подвижный (P ₂ O ₅), мг/кг	754±140	178±34	Фотометрический по ГОСТ Р 54650-2011
Калий подвижный (K ₂ O), мг/кг	345±46	135±34	
Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г	16,0±2,3	5,6±0,7	По методу Каппена (ГОСТ 27821 – 2020)
Азот нитратный (N-NO ₃ ⁻), мг/кг	8,8±1,6	5,3±0,9	Метод ионной хроматографии на ионном хроматографе «Стайер» в водной вытяжке из почвы по ФР.1.31.2005.01724 и ФР.1.31.2008.01738
Азот аммонийный (N-NH ₄ ⁺), мг/кг	2,3±0,4	0,4±0,1	
Сера подвижная, мг/кг	8,4±1,8	5,0±1,4	По методу ЦИНАО (ГОСТ 26490-85)
Органическое вещество, %	4,4±0,6	2,2±0,4	Метод Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91)

Различия всех приведенных в табл. 1 показателей для образцов почвы «Поле» и «Лес» статистически значимы ($P<0,05$). Удобряемая ЖФ пашня характеризовалась очень высоким содержанием подвижных форм фосфора, высоким содержанием подвижного калия и более высокими значениями всех остальных показателей по сравнению с почвой, отобранной на заросших лесом участках. Бактерии *P.vulgaris* (индикаторы загрязнения почвы органическими веществами) и *P.mirabilis* (индикаторы фекального загрязнения) были выявлены во всех пробах почвы (табл. 2), однако численность соответствующих МО в почве пахотного поля была на 1–2 порядка выше, чем в лесной почве.

Таблица 2. Видовое разнообразие бактерий *Proteus* в образцах почвы, КОЕ/г
 Table 2. Species diversity of *Proteus* bacteria in soil samples, CFU/g

Микроорганизмы	Количество бактерий <i>Proteus spp.</i> , КОЕ/г	
	Поле	Лес
<i>Proteus spp.</i>	(6,5±0,8) · 10 ⁶	(4,0±0,7) · 10 ⁴
<i>P.vulgaris</i>	(6,2±0,9) · 10 ³	(8,6±0,3) · 10 ²
<i>P.mirabilis</i>	(7,8±0,2) · 10 ⁵	(3,0±0,6) · 10 ³

Наличие *P.vulgaris* и *P.mirabilis* в пробах свидетельствует о биологическом загрязнении почвы пахотного поля и прилегающих территорий. Источником соответствующего загрязнения являются свиные НС. Выявление *P.vulgaris* и *P.mirabilis* в значимых количествах ($8,6 \cdot 10^2$ и $3,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г соответственно) в почве за пределами санитарно-защитной зоны дает основание предположить, что традиционная система обезвреживания НС (разделение НС на твердую (ТФ) и

жидкую фракции с последующим выдерживанием ЖФ в лагунах, а ТФ на специальных площадках) не позволяет предотвратить риски негативного воздействия на ОС. Для обеспечения более надежного результата требуются дополнительные способы обработки образующихся ППЖ.

В табл. 3 приведены данные, характеризующие влияние различных способов обработки на количество бактерий рода *Proteus* в биопленках и бактериопланктоне ЖФ через 14 суток после начала эксперимента (началом эксперимента считается момент внесения добавок и включения аэрации).

Таблица 3. Влияние различных способов обработки на количество бактерий *Proteus spp.* в жидкой фракции свиных навозных стоков

Table 3. The effect of various methods of processing on the number of bacteria *Proteus spp.* in the liquid fraction of pig manure effluents

Вариант	Способ обработки	Количество бактерий <i>Proteus spp.</i>	
		биопленка, КОЕ/г	бактериопланктон, КОЕ/см ³
1	Без обработки	$(7,1 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,2 \pm 0,8) \cdot 10^6$
2	H ₂ SO ₄	$(6,3 \pm 0,8) \cdot 10^2$	$(7,4 \pm 1,2) \cdot 10^5$
3	NaOCl	$(4,3 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(5,3 \pm 0,9) \cdot 10^4$
4	Бензalconия хлорид	$(7,5 \pm 0,5) \cdot 10^2$	$(2,6 \pm 0,3) \cdot 10^4$
5	Оксид лаурилдиметиламина	$(7,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(3,4 \pm 0,4) \cdot 10^5$
6	Лауретсульфат натрия	$(7,6 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(2,8 \pm 0,4) \cdot 10^4$
7	Аэрация	$(6,4 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,3) \cdot 10^6$
8	Анаэробные условия	пробы не отбирали	$(4,5 \pm 0,4) \cdot 10^6$

Количество *Proteus spp.* в свином кале составило $(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$ КОЕ/г, а в ЖФ свиных НС до внесения добавок – $(6,6 \pm 0,7) \cdot 10^3$ КОЕ/см³.

Согласно результатам эксперимента, выдерживание ЖФ свиных НС в течение 14 суток (вариант 1) при температуре 20±2 °C привело к увеличению численности *Proteus spp.* в бактериопланктоне на 3 порядка (по сравнению с численностью до внесения добавок). В биопленке (вариант 1) численность соответствующих МО практически не изменилась и соответствовала начальной численности этих МО в ЖФ (до внесения добавок). Количество *Proteus spp.* в биопленках всех вариантов эксперимента в конце эксперимента оказалось значительно ниже (на 2–3 порядка), чем в бактериопланктоне. То есть условия бактериопланктона являются более благоприятными для существования *Proteus spp.*, чем условия биопленок. Можно предположить, что данный эффект обусловлен подвижным образом жизни соответствующих МО. Вязкий полисахаридный матрикс биопленок ограничивает подвижность бактерий, что оказывает негативное влияние на их численность. Известно, что МО рода *Proteus* относятся к нитрификаторам, активно окисляющим аммиачный азот [13]. Возможно, содержание доступных для питания *Proteus* азотистых соединений в биопленках оказывается ниже, чем в растворе, поскольку соответствующие соединения активно метаболизируются бактериями рода *Clostridium*, занимающими в биопленках доминирующее положение [14, 15]. Дефицит азота

может стать дополнительным фактором, ограничивающим численность *Proteus* в биопленках.

В бактериопланктоне вариантов 1 (контроль), 7 (аэрация) и 8 (анаэробные условия) численность *Proteus spp.* за время наблюдений (14 суток) увеличилась на 3 порядка (по сравнению с ЖФ до внесения добавок), то есть уровень кислорода в ЖФ практически не повлиял на жизнеспособность *Proteus spp.* Известно, что соответствующие МО относятся к группе энтеробактерий, являющихся факультативными анаэробами, способными в условиях дефицита кислорода получать энергию за счет процесса брожения, а в кислородной среде – за счет дыхания. При разложении органических веществ факультативными аэробами выделяется широкий спектр дурно пахнущих соединений. Быстрое увеличение численности *Proteus spp.* в ЖФ, независимо от содержания кислорода, объясняет недостаточную эффективность приема аэрации для устранения запаха ППЖ.

Обработка ЖФ растворами реагентов способствовала снижению количества *Proteus spp.* на 1 порядок в биопленках и на 1–2 порядка в бактериопланктоне (по сравнению с контролем). То есть обитающие в биопленках *Proteus spp.* проявляют более высокую устойчивость к воздействию химических реагентов, что объясняется защитным действием полисахаридного матрикса. К наибольшему подавлению численности *Proteus spp.* в бактериопланктоне привели добавки NaOCl, анионных и катионных ПАВ. Воздействие ПАВ на микробиоту в основном связано с изменением проницаемости и дезорганизацией цитоплазматических мембран бактериальных клеток, а также со снижением активности связанных с мембранами ферментов [16]. Бактерицидное действие NaOCl обусловлено гидролизом соответствующей соли до хлорноватистой кислоты (HOCl), проявляющей выраженные окислительные свойства. Химическая трансформация HOCl сопровождается активным генерированием свободных радикалов и синглетного (метастабильного) кислорода, разрушающих клетки МО [17]. Механизм действия H₂SO₄ обусловлен сдвигом pH ЖФ в неблагоприятную для жизнедеятельности *Proteus* область (известно, что оптимум pH для этих бактерий составляет 7,2–7,4 [18]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных исследований показали, что животноводческие предприятия являются источниками биологического загрязнения ОС санитарно-показательными МО группы А: *Proteus mirabilis* и *Proteus vulgaris*. Основным фактором переноса МО в окружающую среду выступают ППЖ, используемые в качестве органических удобрений. Количество бактерий рода *Proteus* в удобляемой свиными навозными стоками пашне оказалось выше, чем в свином кале и свежих навозных стоках, т. е. почва является хорошей средой обитания для бактерий этого рода. Территории, находящиеся в сфере влияния животноводческих комплексов, можно рассматривать в качестве мест резервации патогенных бактерий рода *Proteus* в окружающей среде.

Содержащиеся в навозе и НС бактерии рода *Proteus* проявляют высокую устойчивость к такому виду обработки, как аэрация, что обусловлено способностью этих МО существовать в аэробных и анаэробных условиях. В результате жизнедеятельности *Proteus* образуются разнообразные летучие

вещества с неприятным гнилостным запахом. Активное продуцирование соответствующих соединений снижает эффективность приема аэрации, используемого для устранения запаха НС.

Снижение численности планктонных форм *Proteus* на 2 порядка наблюдалось при обработке ЖФ НС раствором NaOCl, а также катионными и анионными ПАВ.

Результаты исследований могут быть использованы при изготовлении составов для обработки навозных стоков с целью улучшения их санитарных и экологических характеристик.

Список источников

1. Об утверждении требований к обращению побочных продуктов животноводства: Постановление Правительства РФ от 31.10.2022 № 1940. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211030028> (дата обращения: 05.04.2024).
2. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37–43.
3. Пилип Л. В. Анализ экологических рисков отрасли свиноводства в Кировской области // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 1(3). С. 1–5.
4. Drzweiecka D. Significance and Roles of *Proteus spp.* Bacteria in Natural Environments // Microbial Ecology. 2016. V. 72. P. 741–758.
5. Конищева А. С., Лещева Н. А., Плешакова В. И. Микробиологический спектр возбудителей при желудочно-кишечной патологии у животных // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2(179). С. 106–112.
6. Распространенность и лекарственная устойчивость *Proteus spp.* в ортопедо-травматологических отделениях / С. И. Швед, З. С. Науменко, Л. В. Розова, Т. С. Шалагинова, Н. М. Клюшин // Гений ортопедии. 2004. № 3. С. 20–24.
7. Armbruster C. E., Mobley H. L. T, Pearson M. M. Pathogenesis of *Proteus mirabilis* infection // EcoSal Plus. 2018. URL: <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/ecosalplus.esp-0009-2017> (дата обращения: 18.05.2024).
8. *Proteus spp.* as putative gastrointestinal pathogens / A. L. Hamilton, M. A. Kamm, S. C. Ng, M. Morrison // Clinical microbiology reviews. 2018. V. 31. N 3. Article No. 10.1128/cmr. 00085-17.
9. High prevalence of multidrug resistant enterobacteriaceae isolated from wastewater and soil in Jos Metropolis, Plateau State, Nigeria / A. C. Ngene, C. G. Ohaegbu, I. E. Awom, J. O. Egbere, I. A. Onyimba, O. D. Coulthard // African Journal of Bacteriology Research. 2021. V. 13. N 2. P. 22–29.
10. Abdulrraziq A. A., Salih S. M. *Proteus* genus sensitivity testing for various classes of antibiotics // Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University. 2023. V. 3. N 2. P. 110–144.
11. Girlich D., Bonnin R. A., Dortet L., Naas T. Genetics of acquired antibiotic resistance genes in *Proteus spp.* // Antimicrobials, Resistance and Chemotherapy. 2020.

URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.0256/full> (дата обращения: 18.05.2024).

12. Anju M., Kuruvilla T. S. Characterization of genus *Proteus* isolated from various clinical specimens and detection of extended-spectrum β-lactamase production // Chrismed Journal of Health and Research. 2023. V. 10. N 1. P. 11–15.

13. Isolation and characterization of a heterotrophic nitrifier *Proteus mirabilis* strain V7 and its potential application in NH⁴⁺-N removal / W. W. Zhang, Z. Y. Andong, M. Zhang, Q. N. Wang, Y. Q. Wei, & L. X. Chen // Annals of microbiology. 2014. V. 64. P. 1231–1238.

14. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165.

15. Колiformные бактерии как компоненты биопленок навозных стоков / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Е. П. Колеватых // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 3(68). С. 118–125.

16. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Влияние синтетических поверхностно-активных веществ на микробный состав биопленки навозных стоков // Известия КГТУ. 2024. № 73. С. 24–35.

17. Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, Д. А. Кузнецов // Поволжский экологический журнал. 2023. № 1. С. 107–116.

18. Городова А. С., Тюменцева В. С. Выживаемость *Proteus* и *Klebsiella* на объектах внешней среды // Научный электронный журнал «Меридиан». 2022. № 1(63). С. 135–137. URL: <https://meridian-journal.ru/site/article0eb3/?ysclid=m0duh8q0i4443024858> (дата обращения: 18.05.2024).

References

1. Ob utverzhdenii trebovaniy k obrashcheniyu pobochnykh produktov zhivotnovodstva: postanovlenie pravitelstva RF ot 31.10.2022 no. 1940 [On approval of requirements for the circulation of animal by-products: decree of the Government of the Russian Federation no. 1940 dated 31.10.2022]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211030028> (accessed 18 May 2024).
2. Bryukhanov A. Yu., Vasiliev E. V., Shalavina E. V. Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodstva i nailuchshie dostupnye metody ikh resheniya [Challenges of environmental safety in livestock farming and best available methods to address them]. *Regionalnaya ekologiya*, 2017, no. 1 (47), pp. 37–43.
3. Pilip L. V. Analiz ekologicheskikh riskov otrassli svinovodstva v Kirovskoy oblasti [Analysis of environmental risks of the pig industry in the Kirov region]. *Vestnik Vyatskoy GSKhA*, 2020, no. 1(3), pp. 1–5.
4. Drzewiecka D. Significance and Roles of *Proteus spp.* Bacteria in Natural Environments. *Microbial Ecology*. 2016. V. 72. P. 741–758.
5. Konishcheva A. S., Leshcheva N. A., Pleshakova V. I. Mikrobiologicheskiy spektr vozбудiteley pri zheludochno-kishechnoy patologii u zhivotnykh [Pathogens

microbiological spectrum in gastrointestinal pathology in animals]. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 2, pp. 106–112.

6. Shved S. I., Naumenko Z. S., Rozova L. V., Shalaginova T. S., Klyushin N. M. Rasprostranennost' i lekarstvennaya ustoychivost' *Proteus spp.* v ortopedo-travmatologicheskikh otdeleniyakh [Prevalence and drug resistance of *Proteus spp.* in orthopedic and traumatology departments]. *Geniy ortopedii*, 2004, no. 3, pp. 20–24.

7. Armbruster C. E., Mobley H. L. T., Pearson M. M. Pathogenesis of *Proteus mirabilis* infection, *EcoSal Plus*, 2018, available at: <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/ecosalplus.esp-0009-2017> (accessed 18 May 2024).

8. Hamilton A. L., Kamm M. A., Ng S. C., Morrison M. *Proteus spp.* as putative gastrointestinal pathogens. *Clinical microbiology reviews*. 2018. V. 31. N 3. Article No. 10.1128/cmr. 00085-17.

9. Ngene A. C., Ohaegbu C. G., Awom I. E., Egberie J. O., Onyimba I. A., Coulthard O. D. High prevalence of multidrug resistant enterobacteriaceae isolated from wastewater and soil in Jos Metropolis, Plateau State, Nigeria. *African Journal of Bacteriology Research*. 2021. V. 13. N 2. P. 22–29.

10. Abdulrazaq A. A., Salih S. M. *Proteus* genus sensitivity testing for various classes of antibiotics. *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*. 2023. V. 3. N 2. P. 110–144.

11. Girlich D., Bonnin R. A., Dortet L., Naas T. Genetics of acquired antibiotic resistance genes in *Proteus spp.* *Antimicrobials, Resistance and Chemotherapy*, 2020, available at: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.00256/full> (accessed 18 May 2024).

12. Anju M., Kuruvilla T. S. Characterization of genus *Proteus* isolated from various clinical specimens and detection of extended-spectrum β -lactamase production. *Chrismed Journal of Health and Research*. 2023. V. 10. N 1. P. 11–15.

13. Zhang W. W., Andong Z. Y., Zhang M., Wang Q. N., Wei Y. Q., Chen L. X. Isolation and characterization of a heterotrophic nitrifier *Proteus mirabilis* strain V7 and its potential application in $\text{NH}^{4+\text{-N}}$ removal. *Annals of microbiology*. 2014. V. 64. P. 1231–1238.

14. Kolevatykh E. P., Pilip L. V., Syrchina N. V., Kozvonin V. A., Ashikhmina T. Ya. Transformatsiya mikrobioty otkhodov zhivotnovodstva pod vliyaniem khimicheskikh reagentov dlya ustraneniya zapakha [Transformation of the microbiota of animal husbandry waste under the influence of chemical reagents to eliminate odor]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2022, no. 4, pp. 159–165.

15. Pilip L. V., Syrchina N. V., Kolevatykh E. P., Rutman V. V. Vliyanie razlichnykh tipov poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na emissiyu gazov i mikrobiotu zhidkoy fraktsii navoznykh stokov [Influence of various types of surfactants on gas emissions and microbiota of the liquid fraction of manure effluents]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, 2023, vol. 18, no. 3 (68), pp. 118–125.

16. Pilip L. V., Syrchina N. V. Vliyanie sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na mikrobnyy sostav bioplenki navoznykh stokov [Influence of synthetic surfactants on the microbial composition of manure biofilm]. *Izvestiya KGTU*, 2024, no. 73, pp. 24–35.

17. Syrchina N. V., Pilip L. V., Kolevatykh E. P., Ashikhmina T. Ya., Kuznetsov D. A. Vliyanie gipokhlorita natriya na mikrobiotu i zapakh navoznykh stokov [The effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2023, no. 1, pp. 107–116.
18. Gorodova A. S., Tyumentseva V. S. Vyzhivaemost' Proteus i Klebsiella na ob'ektakh vneshey sredy [Survival of Proteus and Klebsiella on environmental objects]. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal “Meridian”*, 2022, no. 1 (63), pp. 135–137, available at: <https://meridian-journal.ru/site/article0eb3/?ysclid=m0duh8q0i4443024858> (accessed 18 May 2024).

Информация об авторах

Л. В. Пилип – кандидат ветеринарных наук, доцент
Н. В. Сырчина – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник

Information about the authors

L. V. Pilip – PhD in Veterinary, Associate Professor
N. V. Syrchina – PhD in Chemistry, Associate Professor, Senior Researcher

Статья поступила в редакцию 23.08.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024; принята к публикации 18.10.2024.

The article was submitted 23.08.2024; approved after reviewing 05.09.2024; accepted for publication 18.10.2024.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Научная статья

УДК 796/799

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75- 55-64

Ферментативная экстракция жира из голов салаки с использованием протосубтилина ГЗх

Михаил Леонидович Винокур¹, Анатолий Владимирович Андрюхин², Илья Олегович Морозов³

^{1,2,3} Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («АтлантНИРО»), Калининград, Россия

¹vinokur@atlant.vniro.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5406-0701>

²andryukhin@atlant.vniro.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6161-9099>

³morozov@atlant.vniro.ru

¹Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия, mikhail.vinokur@kltu.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме рационального и комплексного использования рыбного сырья, в частности голов балтийской сельди (салаки), а именно получению биологически ценного жира. Цель исследования – обоснование рациональных режимов ферментативной экстракции жира пищевого назначения из голов салаки с применением отечественного фермента протосубтилина ГЗх. Показана зависимость выхода жира и показателей его качества от таких факторов, как температура и продолжительность ферментативной обработки. Оба фактора оказывали статистически значимое влияние на количество извлекаемого жира и показатели его порчи (кислотное и перекисное числа). После 180 мин гидролиза выход жира, независимо от температуры процесса, значительно не увеличивался. Наибольший выход при использовании протосубтилина ГЗх (74,2 %) отмечался после 4 ч гидролиза при 50 °C, чуть меньший (72,3 %) – после 3 ч при той же температуре. При повышении температуры до 60 °C процесс интенсифицировался на начальном этапе, однако после 120 мин гидролиза дальнейшее снижение выхода жира не зафиксировано. Приведены результаты исследований по влиянию тонкости помола рыбного сырья на выход жира при рациональном режиме процесса ферментативного гидролиза – температуре 50 °C и продолжительности 180 мин. Выход жира составил 79,6 и 62,4 % от его начального содержания для голов салаки, измельченных на волчке и в гомогенизаторе. В результате исследований установлены следующие рациональные параметры ферментативной экстракции жира с применением протосубтилина ГЗх: температура – 50 °C, продолжительность – 3 ч. Показано, что измельчение рыбных голов на волчке перед экстракцией является наиболее рациональным способом в сравнении с нарезкой на куски или обработкой на куттере.

© Винокур М. Л., Андрюхин А. В., Морозов И. О., 2024

Ключевые слова: гидролиз, рыбный жир, протосубтилин Г3х, тонкость измельчения.

Для цитирования: Винокур М. Л., Андриухин А. В., Морозов И. О. Ферментативная экстракция жира из голов салаки с использованием протосубтилина Г3х // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 55-64. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-55-64.

Original article

Enzymatic extraction of oil from Baltic herring heads using protosubtilin G3x

Mikhail L. Vinokur¹, Anatoliy V. Andryukhin², Il'ya O. Morozov³

^{1,2}Atlantic branch of Research Institute of Fisheries and Oceanography («AtlantNIRO»), Kaliningrad, Russia

¹vinokur@atlant.vniro.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5406-0701>

²andryukhin@atlant.vniro.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6161-9099>

³morozov@atlant.vniro.ru

¹Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
mikhail.vinokur@klgtu.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of rational and comprehensive use of fish raw materials, in particular, Baltic herring heads (sprat), and namely, obtaining biologically valuable oil. The purpose of the study is to substantiate rational modes of enzymatic extraction of food-grade oil from Baltic herring heads using the domestic enzyme protosubtilin G3x. The paper shows the dependence of the oil yield and its quality indicators on such factors as temperature and duration of enzymatic treatment. Both factors had a statistically significant effect on the amount of extracted fat and its spoilage indicators (acid and peroxide values). After 180 minutes of hydrolysis, the fat yield did not increase significantly regardless of the process temperature. The highest fat yield when using protosubtilin G3x (74.2%) was noted after 4 hours of hydrolysis at 50 °C, slightly less (72.3%) after 3 hours at the same temperature. By increasing the temperature to 60 °C, the process was intensified at the initial stage, but after 120 minutes of hydrolysis, no further decrease in the oil yield was recorded. The article presents the results of studies on the effect of the fineness of grinding of fish raw materials under a rational mode of the enzymatic hydrolysis process: temperature - 50 °C; duration – 180 min. The oil yield was 79.6% and 62.4% of its initial content for Baltic herring heads, ground, respectively, in a grinder and in a homogenizer. As a result of the studies, the following rational parameters for enzymatic extraction of fat using protosubtilin G3x have been established: temperature – 50 °C; duration – 3 hours. It has been shown that grinding fish heads in a grinder before extraction is the most rational method in comparison with cutting into pieces or processing in a cutter.

For citation: Vinokur M. L., Andryukhin A. V., Morozov I. O. Enzymatic extraction of oil from Baltic herring heads using protosubtilin G3x // Izvestiya KGTU = KSTU News. 2024; (75): 55-64. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-55-64.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день широкое распространение получили технологии извлечения жира из сырья водного происхождения, основанные на применении растворителей или вытопке жира. Главными недостатками способов экстракции органическими растворителями являются низкая экологичность, риск нахождения большого количества остатков растворителя в готовом продукте, высокие капитальные и эксплуатационные затраты. К проблемам способов, связанных с вытапливанием жира, относятся: негативное влияние высокой температуры на процесс окисления липидов и высокие затраты на электроэнергию. Перспективная альтернатива вышеуказанным технологиям – способы, основанные на ферментативной экстракции (извлечении), которая лишена вышеперечисленных недостатков [1].

Балтийская сельдь (салака) является одним из важнейших объектов промысла в акватории Балтийского моря. В 2023 г. общий объем российского вылова сельди в этом регионе составил 10359 т. В свою очередь, значение выхода голов при разделке балтийской сельди может колебаться в пределах от 16 до 21 %. С точки зрения рационального и комплексного использования рыбного сырья особый интерес представляет получение из голов салаки рыбного жира как источника полиненасыщенных жирных кислот, в том числе омега-3. Установлено, что жир салаки состоит в основном из мононенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Максимальный уровень содержания жирных кислот омега-3 ($n-3$ ЖК) доходит до 26–28 % от общего количества ЖК, основные из которых – это докозагексаеновая (ДГК) (10,5–11,5 %) и эйкозапентаеновая кислоты (ЭПК) (6,5–7,2 %) [2]. ЭПК и ДГК обладают высокой биологической активностью, в том числе связанной с их действием на функционирование нейронов, сетчатки, мозга, сердечно-сосудистой и иммунной систем. Также доказано наличие у омега-3 кислот лечебно-профилактических свойств в отношении развития рака, астмы, жирового гепатоза и ревматоидного артрита [3].

На сегодняшний день ферментативная экстракция рыбного жира изучена для разнообразных видов сырья, при этом на выход жира могут влиять условия ферментативного гидролиза, химический состав сырья и способ его предварительной подготовки. Основное количество исследований посвящено извлечению жиров препаратами таких ферментов, как Alcalase, Neutrase, Protamex [2, 4]. Наиболее массово производимым отечественным препаратом является протосубтилин, соответствующий степени очистки Г3х, однако исследований, посвященных ферментативной экстракции рыбных жиров протосубтилином Г3х, крайне мало [5].

Цель исследования – обоснование рациональных режимов ферментативной экстракции жира пищевого назначения из голов салаки с применением отечественного ферmenta протосубтилина Г3х.

При этом решались следующие задачи:

- определить влияние фактора температуры гидролиза в интервале от 40 до 60 °С на выход жира из голов салаки;
- определить влияние фактора продолжительности ферментации в интервале от 60 до 240 мин на выход жира из голов салаки;

- определить влияние факторов продолжительности и температуры гидролиза на значения кислотного и перекисного чисел жира, выделяемого ферментативной экстракцией из голов салаки;
- определить влияние фактора тонкости измельчения голов балтийской сельди на выход жира при рациональных температурно-временных условиях гидролиза протосубтилином ГЗх.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований являлись головы от разделки одной и той же партии охлажденной салаки декабрьского улова 2023 г. Применялся коммерческий препарат протосубтилин ГЗх в виде сухого порошка с заявленной активностью 120 ± 20 ед./г., произведенного фирмой ООО ПО «СИББИОФАРМ». Перед внесением в реакционную массу протосубтилин ГЗх растворяли в воде при температуре 30 °C, настаивали в течение одной минуты для лучшей диссоциации агломератов молекул фермента.

Головы салаки нарезали на четыре части кухонным ножом. Размер большинства кусочков составлял от 0,5 см до 1 см. Сам процесс ферментолиза осуществлялся при гидромодуле: 2 (головы) : 1 (вода), значениях температуры от 40 до 60 °C в течение 60–240 мин. На этапе предварительного эксперимента определена концентрация фермента, соответствующая насыщению системы (рыбное сырье – вода – фермент) при значении гидромодуля 2:1 (неопубликованные нами данные). Установлено, что концентрация фермента более 1,0 % не дает статистически значимого роста интенсивности ферментации (отношение степени гидролиза к продолжительности процесса) при 55 °C. Таким образом, количество вносимого фермента подобрано исходя из расчета его конечной концентрации в гидролизуемой массе – 1,0 %.

Гидролизованную массу направляли на инактивацию фермента в течение 10 мин при температуре 100 °C. Пробирки с начальной температурой содержимого не ниже 70 °C центрифугировали при 8000 об./мин в течение 10 мин. После сепарирования жир отбирали пипеткой и взвешивали, затем проводили исследование его показателей качества.

Выход целевого продукта оценивали как отношение массы жира, получаемого в результате ферментативной экстракции, к его абсолютному содержанию в сырье. Определение начального содержание жира в рыбном сырье производили по методике, адаптированной для извлечения липидов из рыб [6]. Навеску исследуемой пробы массой 30 г помещали в сухую фарфоровую ступку, туда же добавляли двойное количество безводного сульфата натрия, смесь тщательно перемешивали до получения сыпучей массы. Содержимое ступки переносили в широкогорлую склянку с притертой пробкой, добавляли 80 мл хлороформа, тщательно перемешивали и оставляли при перемешивании на 1 ч. Фильтровали полученную мисцеллу через сухой складчатый фильтр (с синей меткой), предварительно смоченный хлороформом. Осадок на фильтре промывали 30 мл хлороформа и добавляли к мисцелле. После упаривания хлороформа при температуре не выше 40 °C в ротационном вакуумном

испарителе растворителя жир взвешивали и находили его количественное содержание в сырье.

Анализ значений кислотного и перекисного чисел в жире, получаемом ферментативной экстракцией и спирто-хлороформенной смесью, проводился по методикам ГОСТ 7636.

Для определения влияния тонкости помола голов салаки на выход жира сырье измельчалось на электрической мясорубке (типа волчок) или гомогенизировалось (РНВ 1467 AL, погружной куттер Polaris) в течение 1 мин. После обработки на куттере получаемая рыбная масса по внешнему виду характеризовалась однородной структурой без видимых включений мышечных волокон. При измельчении на волчке также получалась в целом однородная структура, однако присутствовали видимые без увеличения волокна мышечной ткани. Фрагменты костной ткани встречались в обоих из указанных случаев. После измельчения на куттере включения костной ткани имели значительно меньшие размеры.

При исследованиях влияния факторов температуры, продолжительности гидролиза применяли метод одностороннего дисперсионного анализа с уровнем надежности 0,05. Последующие парные сравнения проводили с использованием апостериорного метода Тьюки [7]. Все исследования пятикратно повторяли. Аналогично проводили исследования влияния фактора тонкости помола на выход рыбного жира.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По показателям кислотного (0,2 мг КОН/ г жира) и перекисного чисел (0,21 мэkv акт кислорода / кг жира) жир, выделенный посредством спирто-хлороформенной смеси, не превышал норм, установленных в ТР ТС 024/2011. Начальное содержание жира в сырье соответствовало 11,2 %. При гидролизе голов салаки, после 15–20 мин, кости полностью отделялись от ферментируемой массы. После центрифугирования ферментированная масса разделялась на четыре слоя: жировой, эмульсионный, жидкий гидролизат и плотный (осадок).

Таблица 1. Влияние температуры и продолжительности ферментативной обработки голов салаки на выход жира, % от начального содержания жира в сырье

Table 1. Effect of temperature and time of enzymatic treatment of herring heads on oil yield, % of the initial content in the raw material

Температура ферментолиза, °C	Продолжительность гидролиза, мин			
	60	120	180	240
40	32,8 ± 1,1	36,5 ± 0,8	39,3 ± 0,7	40,6 ± 0,7
50	57,8 ± 1,4	66,2 ± 0,9	72,3 ± 1,1	74,2 ± 0,9
60	65,5 ± 1,5	67,9 ± 1,3	64,5 ± 1,1	63,9 ± 1,6

Наибольший выход жира (74,2 %) (табл. 1.) отмечался после 4 ч гидролиза при температуре 50 °C, чуть меньший (72,3 %) – после 3 ч при тех же условиях. При повышении температуры до 60 °C интенсифицировался процесс гидролиза и отделение жира на начальном этапе, однако после 120 мин наблюдаемая динамика приобретала обратный характер. Значение выхода жира при 60 °C не превысило 67,9 %, т. е. было ниже максимального показателя, достигаемого при 50 °C.

Отсутствие после 120 мин гидролиза (при 40 и 60 °C) какого-либо статистически значимого увеличения или снижения выхода жира, возможно, связано с замедлением или практически полным прекращением гидролиза. Это же явление, скорее всего, имело место и при 50 °C, так как прирост выхода жира после 240 мин гораздо менее значителен, чем после 180 мин. Существенное замедление ферментативного гидролиза может быть связано с такими причинами, как частичная тепловая денатурация фермента, а также его самопреваривание, блокирование аминокислотами и короткоцепочечными пептидами каталитического центра [8].

Одной из возможных причин снижения выхода жира при ферментативной деструкции сырья, начиная с определенных температур, является его частичный переход в эмульсионный слой вследствие накопление продуктов гидролиза белка, проявляющих поверхностно-активные свойства [9, 10].

Таблица 2. Влияние температуры и продолжительности ферментативной обработки измельченных голов салаки на показатели качества жира

Table 2. Influence of enzymatic treatment of the Baltic herring head for measuring fat quality indicators

Показатели качества жира	Температура гидролиза, °C	Продолжительность гидролиза, мин			
		60	120	180	240
Кислотное число, мг КОН /г	40	0,83 ± 0,12	1,19 ± 0,18	1,92 ± 0,25	2,41 ± 0,15
	50	0,91 ± 0,15	1,32 ± 0,22	2,08 ± 0,24	2,84 ± 0,20
	60	1,72 ± 0,18	2,89 ± 0,22	3,32 ± 0,19	4,03 ± 0,16
Перекисное число, ммоль акт. кислорода на кг жира	40	0,29 ± 0,11	0,53 ± 0,21	0,69 ± 0,18	0,83 ± 0,13
	50	0,39 ± 0,14	0,64 ± 0,15	0,88 ± 0,18	1,15 ± 0,23
	60	0,79 ± 0,18	2,03 ± 0,22	2,96 ± 0,19	3,81 ± 0,20

Norziah M. и др. при ферментативном извлечении рыбных жиров обращают внимание на значительное ускорение под действием температурного фактора окислительных процессов. Основную причину, вызывающую вышеуказанную проблему, связывают как с высокой степенью ненасыщенности рыбного жира, так и со значительной активностью прооксидантных клеточных систем, способных активизироваться в технологическом процессе под действием температуры [11].

Как следует из данных, представленных в табл. 2, независимо от температуры наблюдается статистический значимый рост показателей кислотного и перекисного чисел. Жир, выделяемый при 40 и 50 °C, имел существенные отличия в значениях показателей кислотного и перекисного чисел только после 240 мин

гидролиза. При 60 °С жир, независимо от продолжительности гидролиза, характеризовался значительно более высокими значениями кислотного и перекисного чисел. В ряде работ показано огромное влияние фактора температуры на качество экстрагируемого жира. Например, при термическом способе по сравнению с ферментативным происходит более интенсивное накопление первичных и вторичных продуктов окисления, что связывают не только с температурной интенсификацией цепных реакций, но и с высвобождением в результате тепловой денатурации миоглобина железа, способного ускорять данные процессы [12, 13]. Тем не менее, для каждого вышеуказанного режима ферментации значения показателей кислотного и перекисного чисел не превышали нормативных по ТР ТС 024/2011.

Для достижения наибольшего выхода и наилучших показателей качества можно рекомендовать технологический процесс получения рыбного жира из голов балтийской сельди, включающий наиболее рациональный режим гидролиза голов сельди: измельчение голов на волчке, подготовка реакционной смеси (соотношение измельченных голов и воды 1:0,5), гидролиз при температуре 50 °С в течение 3 ч. Кроме вышеуказанного, для значительного сокращения продолжительности процесса можно рекомендовать одночасовой гидролиз при температуре 60 °С, однако при этом, вероятно, сокращается срок хранения жира по сравнению с его получением при 50 °С.

При изучении влияния тонкости измельчения на выход жира был выбран наиболее рациональный режим ферментации: температура – 50 °С, продолжительность – 3 ч. После измельчения голов на волчке и гомогенизаторе выход жира составил соответственно 79,6 и 62,4 %. Более высокие значения для показателей выхода жира после ферментативной обработки измельченного сырья большинство авторов связывает с увеличением площади его удельной поверхности [14, 5], однако более тонкое измельчение на гомогенизаторе, наоборот, приводит к значительному снижению выхода жира. Высокая механическая нагрузка при измельчении на скорости 2000 об./мин может приводить, с одной стороны, к увеличению степени расщепления белка при одинаковых условиях гидролиза и, как следствие, к накоплению большего количества пептидов с поверхностно-активными свойствами, с другой – к активному эмульгированию белков уже на стадии измельчения сырья, а именно к их взаимодействию с микрокаплями относительно свободного жира. Также не исключен фактор того, что при значительном измельчении резко увеличивается способность к гидролизу фракции соединительнотканых белков, в том числе коллагена, что может приводить к накоплению пептидов, проявляющих более высокие поверхностно-активные свойства.

ВЫВОДЫ

1. На выход жира и значения показателей его качества (кислотное и перекисное числа) при ферментативной обработке голов салаки с использованием протосубтилина ГЗх оказывают существенное влияние температура и продолжительность ферментолиза, а также степень измельчения сырья.

2. Рациональными значениями параметров режима ферментирования голов салаки являются температура 50 °С и продолжительность процесса 180 мин.

3. Для повышения эффективности ферментативной экстракции жира из голов салаки рекомендуется предварительно грубо измельчать сырье до фаршобразного состояния без его гомогенизации.

Список источников

1. Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*) / Aitta E. et al. // Foods. 2021, V. 147. N 8. P. 1811.
2. Recent developments in valorisation of bioactive ingredients in discard/seafood processing by-products / Ozogul F. et al. // Trends in Food Science & Technolog. 2021. V. 116. P. 559–582.
3. Enzymatic Hydrolysis of Fish Waste as an Alternative to Produce High Value-Added Products / Araujo J. et al. // Waste Biomass. 2021. V. 12. P. 847–855.
4. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil / Jamshidi A., Cao H., Xiao J., Simal-Gandara J. // Food Research International. 2020. V. 137. P. 10935.
5. Дамбарович Л. В., Агафонова С. В. Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. С. 48–55.
6. Ржавская Ф. М. Жиры рыб и морских млекопитающих. М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1976. 470 с.
7. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: методы обработки данных / под ред. Э. К. Лецкого. Москва: Мир, 1980. 610 с.
8. Новиков В. Ю. и др. Кинетические закономерности ферментативного гидролиза белков тканей гидробионтов: эффект способа внесения фермента // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. С. 100–109.
9. Extraction of Oil from Mackerel Fish Processing Waste using Alcalase Enzyme / Ramakrishnan V. et al. // Enzyme Engineering. 2013. V. 2. N 2. P. 1000115.
10. Linder M., Fanni J., Parmentier M. Proteolytic extraction of salmon oil and PUFA concentration by lipases // Mar Biotechnol (NY). 2005. V. 7. N 1. P. 70–76.
11. Norziah M. H., Nuraini J., Lee K.Y. Studies on the Extraction and Characterization of Fish Oil From Wastes of Seafood Processing Industry // Asian Journal of Food and AgroIndustry. 2009. V. 2. N 4. P. 959–973.
12. Investigation on oil extraction methods and its influence on omega-3 content from cultured salmon/ Deepika D. et al. // Journal of Food Processing and Technology. 2014. V. 5. N 12. P. 1–13.
13. Chantachum S., Benjakul S., Sriwirat N. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads // Food chemistry. 2000. V. 69. N 3. P. 289–294.

14. Chiodza K., Goosen N. J. Influence of mixing speed, solids concentration and enzyme dosage on dry solids yield and protein recovery during enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) processing by-products using Alcalase 2.4L: A multivariable optimisation approach // Biomass Conversion and Biorefinery. 2003. V. 1. P. 1–23.

References

1. Aitta E. et al. Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). Foods. 2021, V. 147. N 8. P. 1811.
2. Ozogul F. et al. Recent developments in valorisation of bioactive ingredients in discard/seafood processing by-products. Trends in Food Science & Technolog. 2021. V. 116. P. 559–582.
3. Araujo J. et al. Enzymatic Hydrolysis of Fish Waste as an Alternative to Produce High Value-Added Products. Waste Biomass, 2021. V. 12. P. 847–855.
4. Jamshidi A., Cao H., Xiao J., Simal-Gandara J. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. Food Research International. 2020. V. 137. P. 10935.
5. Dambarovich L. V., Agafonova S. V. Fermentativnaya ekstraktsiya zhira iz vtorichnogo syr'ya atlanticheskoy skumbrii i ego ispol'zovanie v funktsional'nom pitani [Enzymatic extraction of oil from Atlantic mackerel waste and its use in functional nutrition]. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*, 2022, no. 2, pp. 48–55.
6. Rzhavskaya F. M. Zhiry ryb i morskikh mlekopitayushchikh [Oils of fish and marine mammals]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1976, 470 p.
7. Dzhonson N., Lion F. Statistika i planirovanie eksperimenta v tekhnike i nauke: metody obrabotki dannykh [Statistics and experimental planning in technology and science: data processing methods], pod red. E. K. Letskogo. Moscow, Mir Publ., 1980, 610 p.
8. Novikov V. Yu et al. Kineticheskie zakonomernosti fermentativnogo hidroliza belkov tkaney hidrobiontov: effekt sposoba vneseniya fermenta [Kinetic of enzymatic hydrolysis of hydrobiont tissue proteins: effect of the enzyme application method]. *Vestnik MGTU*, 2015, vol. 18, pp. 100–109.
9. Ramakrishnan V. et al. Extraction of Oil from Mackerel Fish Processing Waste using Alcalase Enzyme. Enzyme Engineering. 2013. V. 2. N 2. P. 1000115.
10. Linder M., Fanni J., Parmentier M. Proteolytic extraction of salmon oil and PUFA concentration by lipases. Mar Biotechnol (NY). 2005. V. 7. N 1. P. 70–76.
11. Norziah M. H., Nuraini J., Lee K. Y. Studies on the Extraction and Characterization of Fish Oil From Wastes of Seafood Processing Industry. Asian Journal of Food and AgroIndustry. 2009. V. 2. N 4. P. 959–973.
12. Deepika D. et al. Investigation on oil extraction methods and its influence on omega-3 content from cultured salmon. Journal of Food Processing and Technology. 2014. V. 5. N 12. P. 1–13.
13. Chantachum S., Benjakul S., Sriwirat N. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. Food chemistry. 2000. V. 69. N 3. P. 289–294.

14. Chiodza K., Goosen N. J. Influence of mixing speed, solids concentration and enzyme dosage on dry solids yield and protein recovery during enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) processing by-products using Alcalase 2.4 L: A multivariable optimisation approach. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2003. V. 1. P. 1–23.

Информация об авторах

М. Л. Винокур – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания, ведущий научный сотрудник лаборатории стандартизации и нормирования

А. В. Андриухин – кандидат технических наук, заведующий лабораторией стандартизации и нормирования

И. О. Морозов – кандидат технических наук, ведущий инженер лаборатории стандартизации и нормирования

Information about the authors

M. L. Vinokur – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Products Technology, Head researcher of the laboratory of standardization and regulation

A. V. Andriukhin – PhD in Engineering, Head of the laboratory of standardization and regulation

I. O. Morozov – PhD in Engineering, Leading engineer of the laboratory of standardization and regulation

Статья поступила в редакцию 20.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принятая к публикации 18.10.2024.

The article was submitted 20.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 18.10.2024.

Научная статья

УДК 54.061, 543.422.3-74

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-65-76

Методология выявления фальсификатов лососевой икры

Борис Юрьевич Воротников¹, Владимир Владимирович Соклаков²,
Александр Григорьевич Булычев³, Наталья Анатольевна Рачкова⁴

^{1,3,4} Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

² Уполномоченное представительство органа по сертификации «EUROCERT
S. A.», Санкт-Петербург, Россия

¹vorotnikov@klgtu.ru

Аннотация. Проблема фальсификации пищевых продуктов сопровождает человечество на протяжении тысячелетий. Современный технолог должен уметь не только создавать новые виды продукции, но и предлагать методы их идентификации. Зернистая икра лососевых – один из наиболее часто фальсифицируемых продуктов, поскольку он считается традиционным деликатесом, обладает высокой рыночной стоимостью и достаточной маржинальностью. Обычно для идентификации икры используют электрофоретический и молекулярно-генетический методы, дорогие и довольно продолжительные по времени определения. Не лишены некоторых недостатков и предлагаемые в современной литературе методы люминометрии и идентификации по массовому содержанию белка. Как следствие, остается актуальным поиск экспрессного и сравнительно недорогого метода, позволяющего эффективно устанавливать факт подделки данного продукта, не связанного с подменой биологического вида сырья. С этой целью было предложено использовать морфологический и спектрометрический методы. Подготовленные пробы оболочек натуральной и имитированной зернистой икры фотографировали с применением электронного микроскопа и использовали для снятия инфракрасных спектров методом нарушенного полного внутреннего отражения. Поскольку технологически имитированные икринки размерами, сравнимыми с натуральной икрой-зерном, возможно изготовить только с использованием углеводных полимеров, то в качестве эталона сравнения выступал альгинат натрия. Результаты, полученные при морфологическом анализе, показали меньшую соориентированность коллагеновых молекул оболочки натуральной икры по сравнению с молекулами альгинатов оболочки имитированной икры. Причиной таких различий может служить разница в пространственной конфигурации молекул белковой и углеводной природы. Согласно данным, полученным при инфракрасной спектрометрии, отличительным маркером может являться отсутствие у фальсификата характерного пика с волновым числом 1536 см^{-1} и наличие у натуральной икры пиков в диапазоне $1560\text{--}1510 \text{ см}^{-1}$. Таким образом, показана возможность использования описанных методов для достоверного различия натуральной зернистой икры лососевых и имитированной продукции.

© Воротников Б. Ю., Соклаков В. В., Булычев А. Г., Рачкова Н. А., 2024

Ключевые слова: фальсификация пищевых продуктов, зернистая икра лососевых рыб, электронная микроскопия, инфракрасная спектрометрия.

Для цитирования: Воротников Б. Ю., Соклаков В. В., Булычев А. Г., Рачкова Н. А. Методология выявления фальсификатов лососевой икры // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 65-76. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-65-76.

Original article

Methodology of salmon roe fraud detection

Boris Yu. Vorotnikov¹, Vladimir V. Soklakov², Aleksandr G. Bulychyov³, Natalya A. Rachkova⁴

^{1,3,4} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

² Authorized representative office of EUROCERT S. A. certification body, Saint-Petersburg, Russia

¹vorotnikov@klgtu.ru

Abstract. The problem of food fraud has been accompanying humanity for thousands of years. A modern technologist should be able not only to create new types of products, but also to propose methods for their identification. Grain salmon roe is one of the most frequently adulterated products, since it is considered a traditional delicacy, has a high market value and sufficient marginality. Traditionally, electrophoretic and molecular genetic methods are used for its identification, characterized by high cost and comparative duration of testing. The methods of luminometry and identification by mass content of protein offered in modern literature have certain disadvantages. As a result, it remains relevant to search for an express and relatively inexpensive method that makes it possible to effectively establish the fact of fraud of the product that is not associated with the substitution of a biological type of raw. For this purpose, it has been proposed to use morphological and spectrometric methods. Prepared samples of ovum membranes of natural and imitated granular caviar were photographed using an electron microscope and used to detect infrared spectra by the method of frustrated total internal reflection. Since it is possible to produce technologically imitated roe comparable in size to natural grain roe, only using carbohydrate polymers, sodium alginate was used as a reference standard. The results obtained by morphological analysis showed a lower alignment of the collagen molecules of the natural caviar ovum membrane compared with the alginate molecules of the imitated caviar ovum membrane. The reason for such differences may be the variance in the spatial configuration of protein and carbohydrate molecules. According to the data obtained by infrared spectrometry, the absence of a characteristic peak with a wave number of 1536 cm^{-1} in fraud sample and the presence of peaks in the range of $1560\text{--}1510 \text{ cm}^{-1}$ in natural roe can serve as a distinctive marker. Thus, the possibility of using the described methods to reliably distinguish natural grain salmon roe from imitated products has been shown.

Keywords: food fraud, grain salmon roe, electronic microscopy, infrared spectrometry.

For citation: Vorotnikov B. Yu., Soklakov V. V., Bulychyov A. G., Rachkova N. A. Methodology of salmon roe fraud detection // *Izvestiya KGTU=KSTU News*. 2024;(75): 65-76. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-65-76.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема фальсификации пищевых продуктов – одна из наиболее древних в истории человечества, получившая отражение в трудах древнеримских историков [1]. Современные технологии позволяют получать имитированные продукты, по своим органолептическим свойствам близкие к оригинальным (зачастую – деликатесным) до степени смешения. Такая продукция, будучи выпущенной на рынок с недостоверной маркировкой, может вводить в заблуждение неискушенного приобретателя и тем более потребителя, сталкивающихся с фальсификатом. Учитывая, что в ряде случаев фальсификация наносит ущерб здоровью потребителя, современные модели систем менеджмента безопасности пищевых продуктов предполагают включение требования по предотвращению фальсификации как одного из основополагающих [2].

Одной из компетенций современного технолога представляется разработка методов идентификации существующей и вновь создаваемой продукции, тем более, что ТР ЕАЭС 040/2016 предусматривает использование в т. ч. аналитического метода. Такой метод применяется в случае, если пищевую рыбную продукцию невозможно идентифицировать методом по наименованию, визуальным или органолептическим методами – что уместно при выявлении фальсификаторов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Постановка задачи

Поскольку основополагающим мотивом для любой фальсификации является экономическая выгода, очевидно, что ее первоочередной целью становится высокомаржинальная продукция. Так, одним из наиболее часто подделываемых продуктов является зернистая икра рыб семейства лососевых. Стандартизованный метод ее идентификации предполагает использование гельэлектрофореза (ГОСТ Р 54414, ГОСТ 31781), также может применяться валидированный молекулярно-генетический метод [3], что делает выявление фальсификаторов по меньшей мере дорогостоящим, а иногда и требующим существенных временных затрат. Что же касается использования в данных целях методов люминометрии [4, 5], то, на наш взгляд, для их успешного внедрения необходимо наличие библиотеки контрольных образцов, вариабельность свечения которых может быть обусловлена различиями в нативных свойствах икры одного и того же биологического вида. Определение содержания массовой доли белка по Къельдалю [6, 7] также не является экспрессным методом в силу продолжительности пробоподготовки перед измерением. Такая ситуация делает обоснованной цель настоящего исследования – поиск инструментальных методов, менее дорогостоящих, капитоемких и более экспрессных по используемому оборудованию в сравнении с основанными на полимеразной цепной реакции (ПЦР) или электрофорезе.

Исходя из биологических особенностей и биохимических характеристик зернистой икры, представляется возможным в качестве основы для экспрессных методик ее идентификации использовать морфологический (с применением электронной микроскопии) и спектрометрический (с применением ИК-спектрометрии) методы исследований. Учитывалось и наличие стандартизиро-

ванной методики по морфологическому анализу икры осетровых (ГОСТ 30812), а также работы по ее адаптации для исследования икры других видов рыб [8, 9].

Использованные методы

В декабре 2022 г. в розничной торговле г. Калининграда были приобретены два образца рыбной пищевой продукции, заявленные как зернистая лососевая икра кеты *Oncorhynchus keta*, один образец впоследствии по исследованным показателям оказался фальсификатом. Отбор проб проводили по ГОСТ 31339. Из средней пробы как зернистой, так и имитированной икры лососевых отбирали икринки, оболочку икринок разрезали скальпелем, отделяли от содержимого, отмывали от остатков джуса изотоническим раствором хлорида натрия.

В целях морфологического исследования, используя сканирующую электронную микроскопию (СЭМ), проводили съемку поверхности оболочки имитированных икринок с последующим сравнением с опубликованными снимками поверхности натуральной икры лососевых. Для СЭМ материал фиксировали 4 % раствором глутарового альдегида на 0,1 М какадилатном буфере, дофиксацию осуществляли 1 % раствором на этом же буфере. После фиксации материал проводили по спиртам возрастающей концентрации вплоть до абсолютного. Перед сушкой материал переносили в абсолютный ацетон. Сушку осуществляли в аппарате ЕКО-3 методом обхода критической точки. Материал просматривали в сканирующем электронном микроскопе Hitachi 405 при ускоряющем напряжении 15 кВ и увеличении ×4000. Полученные в ходе исследования данные в открытой печати ранее опубликованы не были.

При использовании спектрометрического метода проводили регистрацию инфракрасных спектров обоих образцов на ИК-Фурье-спектрометре «СИМЕКС ФТ-801». Для снятия спектров применяли метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с использованием универсальной приставки НПВО, при этом образцы прижимали к кристаллу с помощью специального приспособления для лучшего контакта между частицами образца и кристаллом. Спектры регистрировались при комнатной температуре с дальнейшей обработкой при помощи ПО ZaIR 3.5, диапазон сканирования составлял от 500 см⁻¹ до 4000 см⁻¹ при разрешении 8 см⁻¹, число сканирования – 34. Опорный спектр фонового воздуха снимался перед каждым сканированием образца. Полученные спектры образцов сравнивали с библиотечным спектром альгината натрия.

Результаты и обсуждение

Основным компонентом оболочки икры-зерна является протеин, в т. ч. фибриллярный, образующий т. н. zona radiata [10]. При изготовлении такой имитированной пищевой рыбной продукции, как аналоги икры (искусственная, структурированная или любая иная «икра»), в качестве материала оболочки используются полимеры углеводной природы, например, альгинаты, что обусловлено существующими технологическими ограничениями по получению капсулы сравнительно небольшого размера с белковой оболочкой, обладающей требующимися реологическими и органолептическими характеристиками [11].

Очевидно, что протеины и полисахариды оболочки образуют различную

структурой. Именно эти различия позволяют применять ИК-спектроскопию и электронную микроскопию в качестве инструментов идентификации как имитированных продуктов, так и рассматриваемых фальсификаторов.

Полученное в ходе исследований изображение оболочки имитированной икры на основе альгиновой кислоты (рис. 1) отражает ее образование со-ориентированными волокнообразными структурами, что, очевидно, согласуется с линейной структурной формулой использованного полисахарида (рис. 2). Используемая в сравнении фибриллярная оболочка натуральной икры-зерна имеет меньшую упорядоченность ориентации молекул (рис. 3). Эта разница, на наш взгляд, может быть обусловлена особенностями пространственного строения фибриллярного коллагена (рис. 4), образующего на надмолекулярном уровне тригональные кристаллиты с большими расстояниями между сегментами, ориентированные вдоль оси фибрилл [12, 13]. В свою очередь, внешняя структура коллагена I типа, на примере кожных покровов [14], обладает схожим строением с поверхностью натуральной икры, формирующей основой которой является другой фибриллообразующий коллаген – V типа [15], что подтверждает возможность использования данного морфологического показателя для достоверного различия природных коллагеновых и аналоговых полисахаридных материалов.

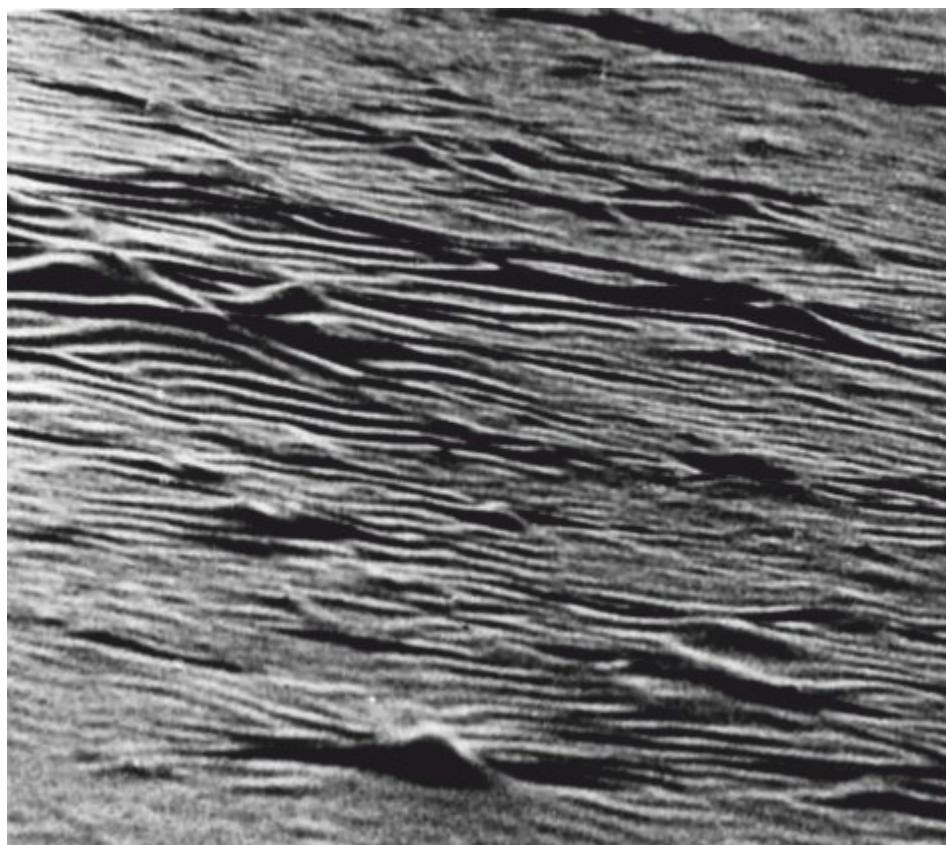


Рис. 1. Поверхность оболочки имитированной икры-зерна (увеличение $\times 4000$) [11]
Fig. 1. The surface of the membrane of imitated grain caviar (zoom $\times 4000$) [11]

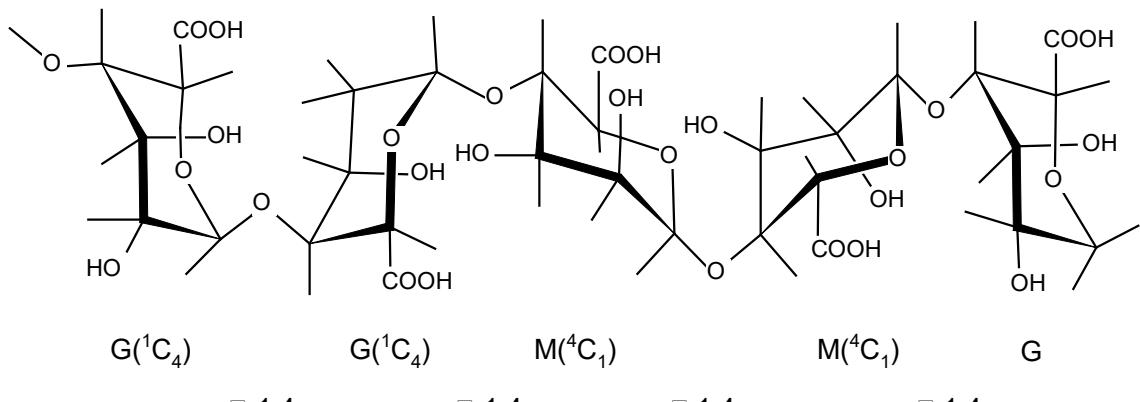


Рис. 2. Структурная формула альгиновой кислоты [17]
Fig. 2. Structural formula of the alginic acid [17]

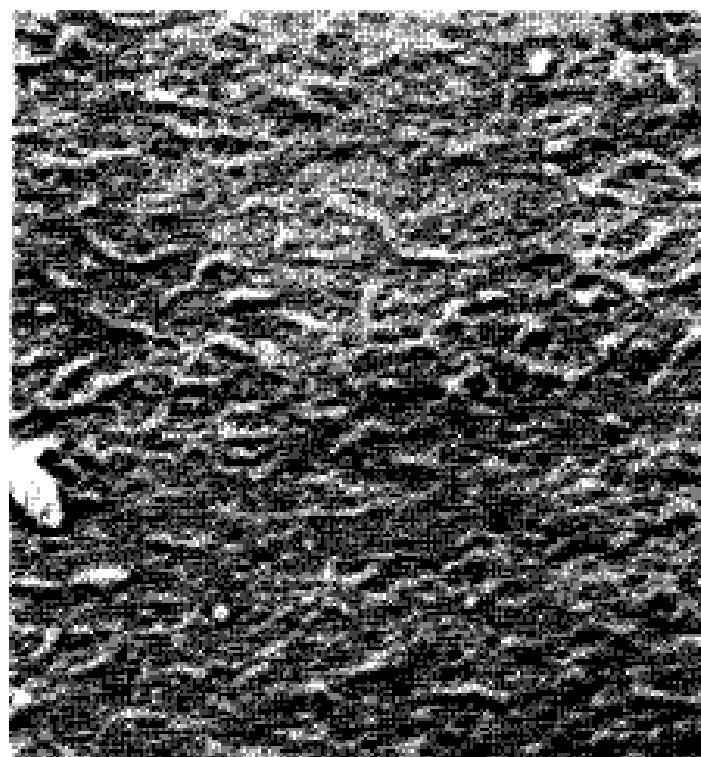


Рис. 3. Поверхность оболочки натуральной икры-зерна кеты
Oncorhynchus keta [10]
Fig. 3. The surface of the membrane of chum salmon *Oncorhynchus keta*
natural grain caviar [10]

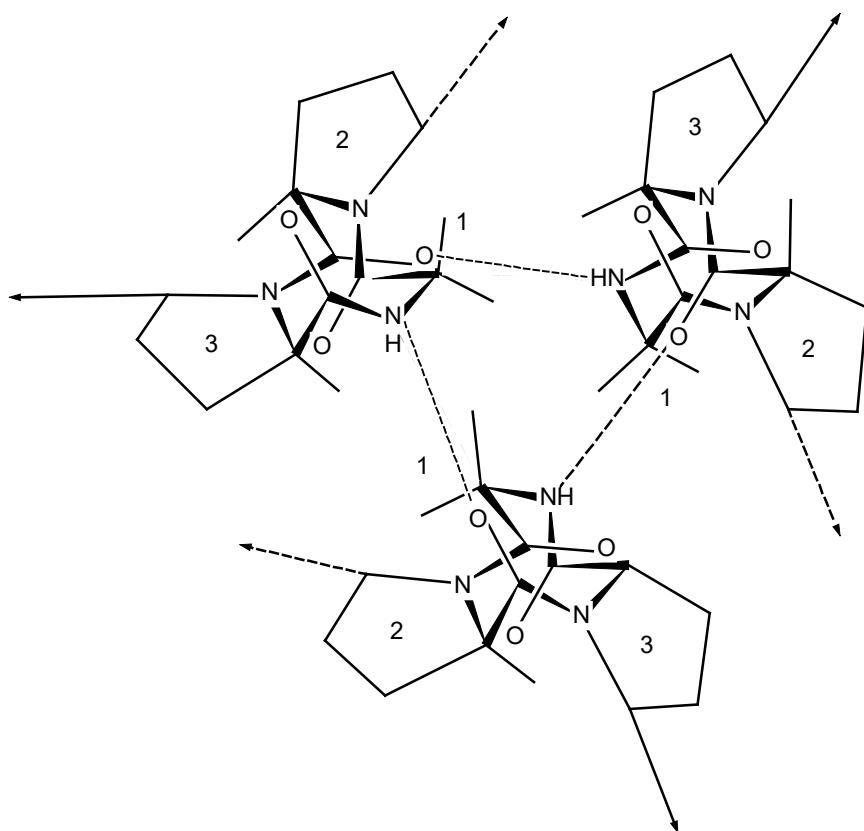


Рис. 4. Расположение спиралей полипролина в коллагене, вид сверху: 1 – глицин; 2 – пролин в положении X; 3 – пролин в положении Y [12]

Fig. 4. Polyproline helices in collagen, top view: 1 – glycine; 2 – proline in X-position; 3 – proline in Y-position [12]

Сравнительный анализ полученного спектра фальсифицированной зернистой лососевой икры (рис. 5а) и альгината натрия [16] показывает, что отличительными маркерами для подтверждения их идентичности могут служить части спектров с волновыми числами в районе $3330\text{--}3331\text{ см}^{-1}$, $1605\text{--}1625\text{ см}^{-1}$ и 1028 см^{-1} . Аналогичное сравнение спектров оболочек икры-зерна и фальсификата (рис. 5б) приводит к достоверному различию, которое характеризуется отсутствием во втором случае пика с волновым числом в районе 1536 см^{-1} . Поскольку пики в диапазоне $1560\text{--}1510\text{ см}^{-1}$ характерны именно для полипептидов [17], то данный факт также подтверждает возможность использования спектрометрического метода для достоверного различия натуральной икры и имитированных/фальсифицированных рыбных пищевых продуктов.

В связи со сложностью пробоподготовки образца и вероятностью появления различных артефактов морфологический анализ представляется использовать в качестве вспомогательного метода наряду со спектрометрическим, который следует применять как основной.

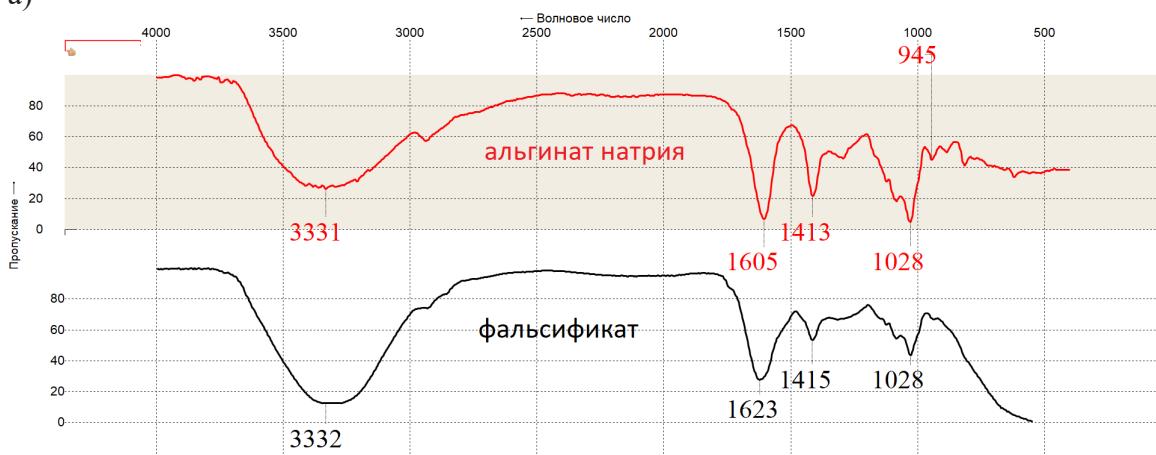
В свою очередь, поскольку метод ИК-спектрометрии базируется на идентификации характерной молекулярной структуры соединений, а для икры любых видов гидробионтов основным компонентом оболочки является коллаген V типа, то предлагаемую нами спектрометрическую методику можно рекомендовать для

апробирования выявления фальсификации всех видов икорной продукции вне зависимости от региона обитания, стадии зрелости или биологического вида сырья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфологический анализ с использованием метода электронной микроскопии и спектрометрический анализ с помощью метода ИК-спектрометрии позволяют достоверно выявлять имитированную/фальсифицированную икру-зерно рыб семейства лососевых, что приводит к упрощению пробоподготовки, снижению временных затрат и стоимости используемого аналитического оборудования при подтверждении натуральности зернистой икры по сравнению с методом ПЦР.

a)



b)

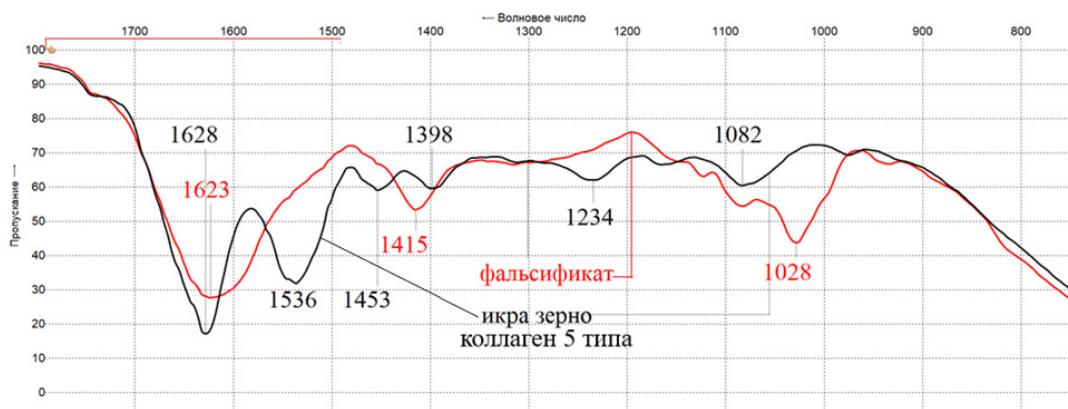


Рис. 5. Сравнительные ИК-спектрограммы: а) оболочки фальсифицированной икры-зерна и альгината натрия; б) оболочки фальсифицированной и натуральной икры-зерна рыб семейства лососевых

Fig. 5. Comparative IR-spectrograms: a) membranes of fraudulent grain caviar and calcium alginate; b) membranes of fraudulent and natural grain caviar of *Salmonidae* family

Список источников

1. Spink J. W. Food fraud prevention. Introduction, implementation and management. New York: Springer, 2019. 627 p.
2. GFSI technical equivalence requirements. Part III – Requirements for the content of standards. CI Processing of perishable animal product : Version 2020 / Global Food Safety Initiative. 2020. 11 p.
3. Пивкина А. Т., Петрова Ю. В. Фальсификация красной икры Дальневосточного региона // Academy. 2020, № 7. С. 67–68.
4. Макеева К. Б., Якушкин И. В. Разработка экспресс-метода ветеринарно-санитарной оценки икры лососевых рыб // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Омск, 2021. С. 274–276.
5. Шабанова Д. Р., Редькин С. В. Лабораторные методы определения фальсификации икры лососевых рыб // Неделя студенческой науки: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 294 – 296.
6. Абрамова Л. С., Козин А. В., Гусева Е. С. Проблема фальсификации зернистой икры лососевых рыб и пути решения // Пищевые системы. 2022, Т. 5, № 4. С. 319–326.
7. Гусева Е. С. Метод идентификации икры рыбы для выявления фальсифицированной продукции // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Москва, 2023. С. 69–71.
8. Харченко Н. Н., Игонина И. Н., Дунченко Н. И. Современные методы идентификации «черной» икры // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020, Т. 82. № 3. С. 183–188.
9. Кулешова И. А., Горбулинская И. Н. Актуальные проблемы экспертизы пищевых продуктов (на примере исследований красной икры рыб и ее имитации) // Право, общество, государство: проблемы истории, теории и практики: сборник научных трудов Всероссийской научно-теоретической конференции. Москва, 2023. С. 430–435.
10. Kobayashi W. The fine structure and amino acid composition of the envelope of the chum salmon egg // Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. 1982, Ser. VI, V. 23, N. 1. 14 p.
11. Воротников Б. Ю. Разработка технологии икры зернистой красной: дисс. канд. техн. наук: 05.18.04: утв:15.07.90. Москва, 1990. 233 с.
12. Brinckmann J. Collagens at glance // Collagen primer in structure, processing and assembly / Ed. by J. Brinckmann, H. Notbohm, P. K. Müller. Topics in Current Chemistry. 2005, V. 247. P. 1–6.
13. Collagen. Vol. 1: Biochemistry / Ed. by M. E. Nimni. New York, 2018. 299 p.
14. Gulevsky A. K., Shcheniavsky I. I. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application // Biotechnologia Acta. 2020, V. 13, N 5. P. 42–61.
15. Рачкова Н. А., Соклаков В. В., Воротников Б. Ю. Биоэкологический потенциал морского плацентарного коллагена в косметологии // Балтийский мор-

ской форум: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4–9 октября 2021 года: в 6 томах. Т. 1. Инновации в науке, образовании и предпринимательстве-2021, XIX Международная научная конференция. Калининград, 2022. С. 60–71.

16. Alginic acid: Specification. JECFA, 2006. 2 p. URL: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/Monograph1/Additive-009.pdf (дата обращения: 27.05.2024).

17. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строений органических соединений. Таблицы спектральных данных. Москва, 2006. 438 с.

References

1. Spink J. W. Food fraud prevention. Introduction, implementation and management. New York, Springer, 2019, 627 p.
2. GFSI technical equivalence requirements. Part III – Requirements for the content of standards. CI Processing of perishable animal product : Version 2020. Global Food Safety Initiative. 2020, 11 p.
3. Pivkina A. T., Petrova Yu. V. Fal'sifikatsiya krasnoy ikry Dal'nevostochnogo regiona [Counterfeit of red roe in the Far Eastern region]. *Academy*, 2020, no. 7, pp. 67–68.
4. Makeeva K. B., Yakushkin I. V. Razrabotka ekspress-metoda veterinarno-sanitarnoy otsenki ikry lososyovykh ryb [Development of an express method for veterinary and sanitary assessment of salmon roe]. *Aktual'nye problemy veterinarnoy nauki i praktiki: Sbornik materialov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of veterinary science and practice: Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference]. Omsk, 2021, pp. 274–276.
5. Shabanova D. R., Red'kin S. V. Laboratornye metody opredeleniya fal'sifikatsii ikry lososyovykh ryb [Laboratory methods for determining the counterfeit of salmon roe]. *Nedelya studencheskoy nauki: Materialy Vserossiyskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Student science week: Materials of the All-Russian student scientific and practical conference]. Moscow, 2022, pp. 294–296.
6. Abramova L. S., Kozin A. V., Guseva E. S. Problema fal'sifikatsii zernistoy ikry lososyovykh ryb i puti resheniya [The problem of granular salmon roe falsification and solutions]. *Pishchevye sistemy*, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 319–326.
7. Guseva E. S. Metod identifikatsii ikry ryby dlya vyavleniya fal'sifitsirovannoy produktsii [A method for identifying fish roe to detect counterfeit products]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa: Materiały XI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov* [Modern problems and prospects for the development of the fisheries complex: Materials of the XI International scientific and practical conference of young scientists and specialists]. Moscow, 2023, pp. 69–71.
8. Kharchenko N. N., Igonina I. N., Dunchenko N. I. Sovremennye metody identifikatsii «chyornoy» ikry [Modern methods of identification of "black" caviar]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*, 2020, vol. 82, no. 3, pp. 183 – 186.

9. Kuleshova I. A., Gorbulinskaya I. N. Aktual'nye problemy ekspertizy pishchevykh produktov (na primere issledovaniy krasnoy ikry ryb i eyo imitatsii) [Actual problems of food examination (using the example of studies of red fish roe and its imitation)]. *Pravo, obshchestvo, gosudarstvo: problemy istorii, teorii i praktiki: Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-teoreticheskoy konferentsii* [Law, society, state: problems of history, theory and practice: collection of scientific papers of the All-Russian scientific and theoretical conference]. Moscow, 2023, pp. 430–435.
10. Kobayashi W. The fine structure and amino acid composition of the envelope of the chum salmon egg. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ.* 1982, Ser. VI, vol. 23, no. 1, 14 p.
11. Vorotnikov B. Yu. *Razrabotka tekhnologii ikry zernistoy krasnoy. Diss. kand. tekhn. nauk* [Development of the grain red roe technology. Dis. PhD eng. sci.]. Moscow, 1990, 233 p.
12. Brinckmann J. Collagens at glance. Collagen primer in structure, processing and assembly. Ed. by J. Brinckmann, H. Notbohm, P. K. Müller. *Topics in Current Chemistry*, 2005, vol. 247, pp. 1–6.
13. Collagen. Vol. 1: Biochemistry. Ed. by M. E. Nimni. Boca Raton: CRC Press, 2018, 299 p.
14. Gulevsky A. K., Shcheniavsky I. I. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application. *Biotechnologia Acta*, 2020, vol. 13, no. 5, pp. 42–61.
15. Rachkova N. A., Soklakov V. V., Vorotnikov B. Yu. Bioekologicheskiy potentsial morskogo platsentarnogo kollagena v kosmetologii [Bioecological potential of marine placental collagen in cosmetology]. *Baltiyskiy morskoy forum: materialy IX Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma 4-9 oktyabrya 2021 goda: v 6 tomakh. T. 1. «Innovatsii v naute, obrazovanii i predprinimatel'stve – 2021», XIX Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya* [Baltic Maritime Forum: Proceedings of the IX International Baltic Maritime Forum, October 4-9, 2021: in 6 volumes. Vol. 1. "Innovations in science, education and entrepreneurship – 2021", XIX International scientific conference]. Kaliningrad, 2022, pp. 60–71.
16. Alginic acid: Specification. JECFA, 2006. 2 p., available at: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/Monograph1/Additive-009.pdf (accessed 27 May 2024).
17. Prech E., Byul'mann F., Affol'ter K. *Opredelenie stroeniy organicheskikh soedineniy. Tablitsy spektral'nykh dannykh* [Determination of the structure of organic compounds. Spectral data tables]. Moscow, 2006, 438 p.

Информация об авторах

- Б. Ю. Воротников** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой химии
- В. В. Соклаков** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания, e-mail: vvsoklakov@ya.ru
- А. Г. Булычев** – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии, e-mail: aleksandr.bulychev@klgtu.ru
- Н. А. Рачкова** – инженер 1-й категории кафедры химии, e-mail: natalya.rachkova@klgtu.ru

Information about the authors

B. Yu. Vorotnikov – PhD in Engineering, associate professor, Head of the Department of Chemistry

V. V. Soklakov – PhD in Engineering, associate professor at the Department of Food Products, e-mail: vvsoklakov@ya.ru

A. G. Bulychiov – PhD in Chemistry, associate professor at the Department of Chemistry, e-mail: aleksandr.bulychev@klgtu.ru

N. A. Rachkova – 1st Category Engineer, Department of Chemistry, e-mail: natalya.rachkova@klgtu.ru

Статья поступила в редакцию 01.07.2024; одобрена после рецензирования 09.07.2024; принята к публикации 10.09.2024.

The article was submitted 01.07.2024; approved after reviewing 09.07.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Научная статья

УДК 637.04

DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-77-87

Разработка и оценка качества мягкого сырного продукта с растительным молоком

Ирина Юрьевна Резниченко¹, Нина Анатольевна Фролова², Дмитрий Борисович Подашев³, Игорь Станиславович Александров⁴

¹ Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Кемерово, Россия

^{2, 3, 4} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ payola@mail.ru

² nina.frolova@klgtu.ru

³ dmitrij.podashev@klgtu.ru

⁴ igor.aleksandrov@klgtu.ru

Аннотация. Польза молочных продуктов для здоровья человека обусловлена многими факторами, связанными не только с пищевой, в том числе биологической ценностью основного сырья, но и с хорошей их усвояемостью, возможностью комбинирования с другими видами пищевых продуктов в рационе, широким ассортиментом и доступностью в плане ценовой привлекательности. Ассортимент сыров, приготовленных по технологии чеддеризации, пользуется спросом у потребителей и постоянно обновляется за счет новинок. Современные направления технологии производства сыров связаны с применением растительного сырья, богатого белком и новыми видами молокосвертывающих ферментов. В статье приведены данные по разработке рецептуры сырного продукта на основе растительного молока. Объектами исследований служили модельные образцы сыра, приготовленные с различными молокосвертывающими ферментами, и образцы сырного продукта с добавлением соевого молока. На первом этапе исследований определяли влияние анализируемых ферментов (Caglificio clerici SPA, Италия; Meito, Япония; «Нормаль», Россия) на процесс свертывания молока. Температура свертывания составляла 30 ± 2 °С, продолжительность – 30 ± 5 мин. Установлено, что различные ферменты не одинаково влияют на продолжительность свертывания. При внесении сычужного фермента («Нормаль») наблюдается самое минимальное время – 25 мин, что на 40 % меньше продолжительности свертываемости при внесении фермента мукорпепсина (Caglificio clerici) и на 20 % ниже, чем продолжительность свертываемости при внесении микробиального фермента (Meito). Таким образом, в ходе выполнения работы определены ферментные препараты, оказывающие положительное влияние на технологический процесс получения мягкого сырного продукта, количественные дозировки соевого молока, проанализированы показатели качества полученного продукта.

© Резниченко И. Ю., Фролова Н. А., Подашев Д. Б., Александров И. С., 2024

Ключевые слова: сыр, моцарелла, ферментные препараты, рецептура, технологические параметры, растительное молоко, оценка качества.

Для цитирования: Резниченко И. Ю., Фролова Н. А., Подашев Д. Б., Александров И. С. Разработка и оценка качества мягкого сырного продукта с растительным молоком // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 77-87. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-77-87.

Original article

Development and quality assessment of a soft cheese product with plant milk

Irina Yu. Reznichenko¹, Nina A. Frolova², Dmitriy B. Podashev³, Igor' S. Aleksandrov⁴

¹ Kuzbass State Agrarian University named by V. N. Poltsevsky, Kemerovo, Russia

^{2, 3, 4} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹ payola@mail.ru

² nina.frolova@klgtu.ru

³ dmitrij.podashev@klgtu.ru

⁴ igor.aleksandrov@klgtu.ru

Abstract. The benefits of dairy products for human health are due to many factors related not only to the nutritional value, including biological value of the main raw materials, but also to their good digestibility, the possibility of combining them with other types of food in the diet, a wide range of varieties, and affordability in terms of price attractiveness. The assortment of cheeses made using the technology of cheddar is in demand among consumers and is constantly updated with new products. Modern directions in cheese production technology involve the use of vegetable raw materials rich in protein and new types of milk coagulating enzymes. The article presents data on the development of a recipe for a cheese product based on soy milk. The objects of research were model samples of cheese prepared with various milk coagulating enzymes and samples of cheese product with the addition of soy milk. At the first stage of the study, the effect was determined of analyzed enzymes (Cagliificio clerici SPA/Italy, Meito/Japan, Normal/Russia) on the process of milk clotting. The temperature of clotting was $30\pm2^{\circ}\text{C}$, and the duration was 30 ± 5 min. It has been found that different enzymes have a different impact on the duration of clotting. When adding rennet (Normal), the minimum time was observed – 25 minutes, which is 40% less than the clotting duration when adding mucorpepsin (Cagliificio clerici) and 20% lower than the clotting duration when adding microbial enzyme (Meito). Thus, during the work, enzyme preparations that positively affect the technological process of obtaining a soft cheese product have been identified, quantitative dosages of soy milk have been determined, and the quality indicators of the obtained product have been analyzed.

Keywords: cheese, mozzarella, enzyme preparations, formulation, technological parameters, plant milk, quality assessment.

For citation: Reznichenko I. Yu., Frolova N. A., Podashev D. B., Aleksandrov I. S. Development and quality assessment of a soft cheese product with plant milk // Izvestiya KGTU=KSTU News. 2024;(75): 77-87. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-77-87.

ВВЕДЕНИЕ

Полезный эффект для человека от употребления молочных продуктов обеспечивается совокупностью свойств. К указанным свойствам относятся: питательная ценность, хорошая усвояемость, возможность сочетания с другой пищей в рационе. Кроме того, в настоящее время обеспечивается разнообразие выбора молочных продуктов и их выгодная стоимость [1, 2, 3].

Особой популярностью пользуются сыры мягкие, приготовленные путем глубокой деминерализации белка молока или сырной массы под действием молочной и других органических кислот, продуцируемых микрофлорой бактериальной закваски или вносимых в молочную смесь. Ассортимент мягких сыров, изготовленных с чеддеризацией, включает сыры разных форм и вкусовых характеристик, приготовленных из различных видов молока (коровьего, козьего, овечьего или их комбинации), сыры с разнообразными вкусовыми ингредиентами или без них, сыры с дополнительной обработкой (копчение) или без нее. Как правило, мягкие сыры содержат повышенное количество влаги (48–60 %), характеризуются непродолжительным технологическим процессом созревания, отличительным от твердых сыров вкусом. Также повышенная влажность сказывается на ограниченных сроках хранения [4].

Сыр «Моцарелла» имеет итальянские корни происхождения и получил свое название от слова «mozzare», которое означает «отрезать» или «отделять». Название выражает особенный метод изготовления сыра, при котором свежий сгусток сырного теста руками отрывается или отделяется от массы и формируется в шарики или другие формы. Сыр моцарелла в кулинарии применяют для приготовления салатов, пиццы, так как в нем мало соли по сравнению в другими видами мягких сыров и содержание жира составляет 45,0 %.

Потребительские предпочтения в последнее время связаны с приобретением продуктов здорового питания, повышенной пищевой ценностью, недлильными сроками годности.

Новые направления разработки сыров ориентированы на увеличение пищевой ценности, придание функциональной направленности путем использования растительных компонентов, новых видов заквасочных культур, усовершенствование технологических режимов производства. Отечественными учеными показана возможность придания функциональной направленности сыру моцарелла на основе козьего молока путем выбора заквасочных культур с использованием пробиотической культуры из бифидобактерий, ацидофильной палочки и термофильного стрептококка [5]. Исследовано влияние соли на технологический процесс производства сыров с чеддеризацией [6]. Проведены исследования показателей жирно-кислотного состава сыров для оптимизации технологических процессов сыророделия [7].

Исследованиям по сравнительному анализу ферментных препаратов импортного и отечественного производства в технологии мягких сырных продуктов уделено недостаточно внимания.

Вышеизложенное определило направление исследования.

Цель работы – обоснование выбора молокосвертывающего фермента для получения сырного продукта с использованием соевого молока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служили модельные образцы сыра, приготовленные с различными молокосвертывающими ферментами на основе молока коровьего, и образцы сырного продукта с добавлением соевого молока.

При выполнении экспериментальных исследований применяли общепринятые методы испытаний согласно требованиям ГОСТ 34356-2017 [8]. Массовую долю жира в пересчете на сухое вещество определяли по ГОСТ 5867-2023 экстракционным методом, массовую долю влаги – по ГОСТ 3626-73 путем высушивания навески, массовую долю хлористого натрия – расчетным методом [9, 10]. Дегустационную оценку образцов сыров осуществляли по 50-балльной шкале согласно требованиям ГОСТ 34356-2017 без учета показателей «рисунок теста», «упаковка и маркировка продукта».

Для приготовления модельных образцов применяли сырье, отвечающее требованиям нормативных документов: молоко коровье цельное – по ГОСТ 31449-2013, кислота лимонная пищевая – по ГОСТ 908-2004, соевое молоко – по СТО 81952917-001-2013. Характеристика используемых при разработке продукта ферментов приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика применяемых ферментов

Table 1. Characteristics of the applied enzymes

Торговая марка / страна-производитель	Ферментный состав	Тип ферментов
Caglificio clerici SPA / Италия	Пепсин на основе <i>Rhyzomucor miehei</i>	Мукорпепсин
Meito / Япония	Пепсин на основе <i>Rhyzomucor miehei</i>	Микробиальный
«Нормаль» / Россия	Из слизистой оболочки сычуга взрослого крупного рогатого скота	Сычужный

Caglificio clerici SPA представляет собой протеолитический фермент класса гидролаз, в составе которого присутствует химозин телячий (50 %) и пепсин бычий (50 %). Применяется в качестве заменителя сычужных ферментов и относится к ферментам животного происхождения.

Meito представляет собой микробиальный ренин, это фермент растительного происхождения, вырабатывается из пищевого гриба, ферментируется на ячмене и сушится путем экструзии (вакуумная сушка в специальных камерах).

«Нормаль» – ферментативный препарат для сыров, выработан на ЗАО «Завод эндокринных ферментов» (г. Москва) по ТУ 9219-002-43789257-2020. Представляет собой отечественный молокосвертывающий фермент животного происхождения, в состав которого входят химозин (50 %) и пепсин говяжий (50 %). Сычужный фермент позволяет использовать в сыроделии молоко с широким диапазоном качественных показателей.

Для сравнительного анализа ферментов и выбора оптимального из них при приготовлении сырного продукта с применением соевого молока в лабораторных условиях использовались модельные образцы следующих вариантов: образец № 1

с мукорпепсином, Caglificio clerici SPA (страна-производитель Италия), образец № 2 с добавлением микробиального фермента Meito (страна- производитель Япония), образец № 3 с добавлением сычужного фермента «Нормаль» (страна-производитель Россия). При внесении соевого молока образцы готовили путем замены коровьего молока на соевое в количестве 1, 3, 5 %. Данная дозировка выбрана с учетом рекомендаций, представленных в литературных источниках, ранее проведенными исследованиями. Учитывали, что при использовании соевого молока в сыротелии необходимо принимать во внимание его особенности, такие как вязкость и содержание белка. Излишнее количество соевого молока может привести к изменению текстуры и консистенции сыра, а также к проблемам с плавкостью и формированием сырного зерна. Образцы готовили по технологии сыра моцарелла [5, 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований определяли влияние анализируемых ферментов на процесс свертывания молока коровьего. Температура свертывания составляла 30 ± 2 °C, продолжительность – 30 ± 5 мин. Установлено, что различные ферменты не одинаково влияют на продолжительность свертывания. При внесении сычужного фермента «Нормаль» (образец № 3) наблюдали самое минимальное время – 25 мин, что на 40 % меньше продолжительности свертываемости при внесении фермента мукорпепсина (образец № 1) и на 20 % ниже, чем продолжительность свертываемости при внесении микробиального фермента (образец № 2) (рис. 1).

Следующий этап работы заключался в анализе синеретических свойств сычужных сгустков, полученных при применении анализируемых ферментных препаратов путем определения объема сыворотки, выделенной из сгустка за 1 ч. Полученные данные говорят о том, что объем сыворотки, выделившейся за 1 ч для образца № 1, составлял 41 %, тогда как для образцов № 2 и № 3 – 47 и 56 % соответственно. Отмечено, что образец № 3 при использовании сычужного фермента («Нормаль») обладал наилучшими синеретическими свойствами (рис. 1).

Таким образом, ферментный препарат торговой марки «Нормаль» снижает продолжительность свертывания молока и обладает наилучшими синеретическими свойствами, что может положительно влиять на практическую реализацию полученных результатов.

Данные по определению органолептических и физико-химических характеристик образцов с различными анализируемыми ферментными препаратами приведены в табл. 2.

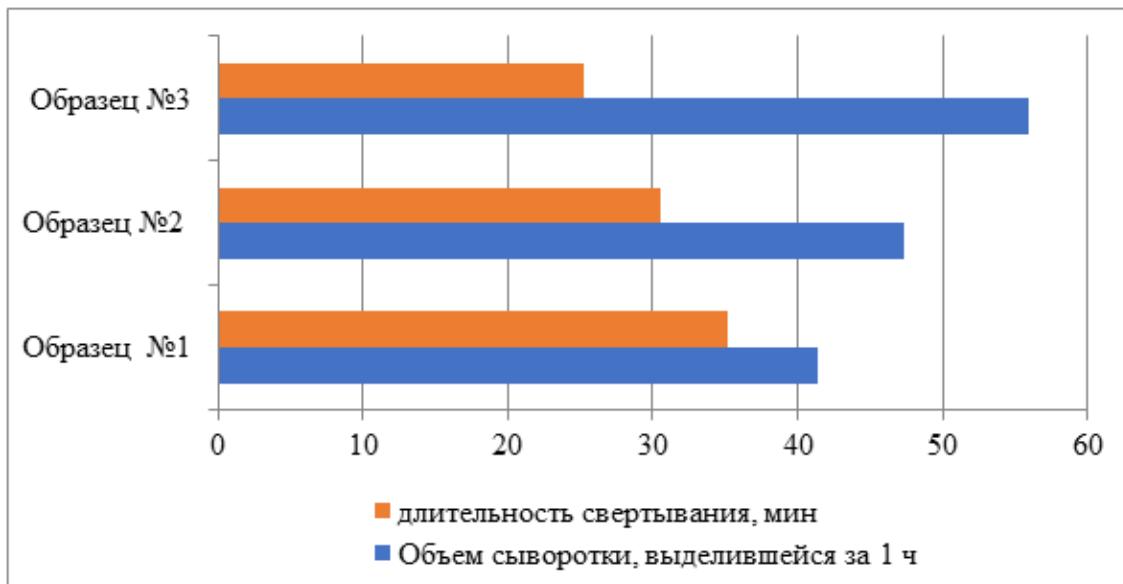


Рис. 1. Длительность свертывания и объем сыворотки при применении ферментных препаратов

Fig. 1. Coagulation time and whey volume with enzyme applications

Таблица 2. Характеристика органолептических и физико-химических показателей качества модельных образцов

Table 2. Organoleptic and physicochemical quality indicators of model samples

Наименование показателя	Характеристика образцов		
	№ 1	№ 2	№ 3
Органолептические показатели			
Внешний вид	Поверхность чистая, без механических повреждений		
	жесткая	в меру упругая	упругая
Вкус и запах	Без посторонних привкусов и запахов		
	Сырный, кисломолочный	Невыраженный сырный вкус, с наличием легкой кислинки	Сырный, кисломолочный, свойственный мягкому свежему сыру
Консистенция	Кремообразная		
	неоднородная, в меру плотная	в меру плотная	нежная, в меру плотная
Цвет теста	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе	Белый, равномерный по всей массе
Рисунок	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Форма	Шарик	Шарик	Шарик

Физико-химические показатели			
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	45,0±0,2	56,0 ±0,3	0,8±0,1
Массовая доля влаги, %	45,0±0,2	58,0 ±0,3	0,8± 0,1
Массовая доля хлористого натрия, %	45,0±0,2	54,0 ±0,3	0,8 ±0,1

Для дальнейших исследований выбран отечественный ферментный препарат «Нормаль». На следующем этапе проанализирована возможность замены части молока коровьего на молоко соевое.

При установлении оптимальной дозировки соевого молока проводили сравнительную оценку качества модельных образцов с заменой молока коровьего на соевое в количестве 1 % (образец № 1С), 3 % (образец № 2С), 5 % (образец № 3С). В качестве контрольного образца служил образец без внесения соевого молока. Результаты дегустационной оценки показали, что при внесении 1 и 3 % соевого молока вместо коровьего такие показатели, как вкус и запах, консистенция и цвет теста, практически не изменялись и были на уровне контрольного образца, при внесении 5 % соевого молока наблюдалось снижение показателя «цвет теста» и незначительная деформация продукта. Лучшим выбран образец с заменой 3 % коровьего молока соевым. Образцы № 1С, 2С и 3С получили оценки 38, 40 и 34 балла соответственно. Данные оценки получены без учета показателей маркировки, упаковки (5 баллов) и рисунка теста (5 баллов), поскольку рисунок для сыров типа моцарелла не регламентируется.

Оценка физико-химических показателей качества установила соответствие нормируемым требованиям образца с 3 % соевого молока.

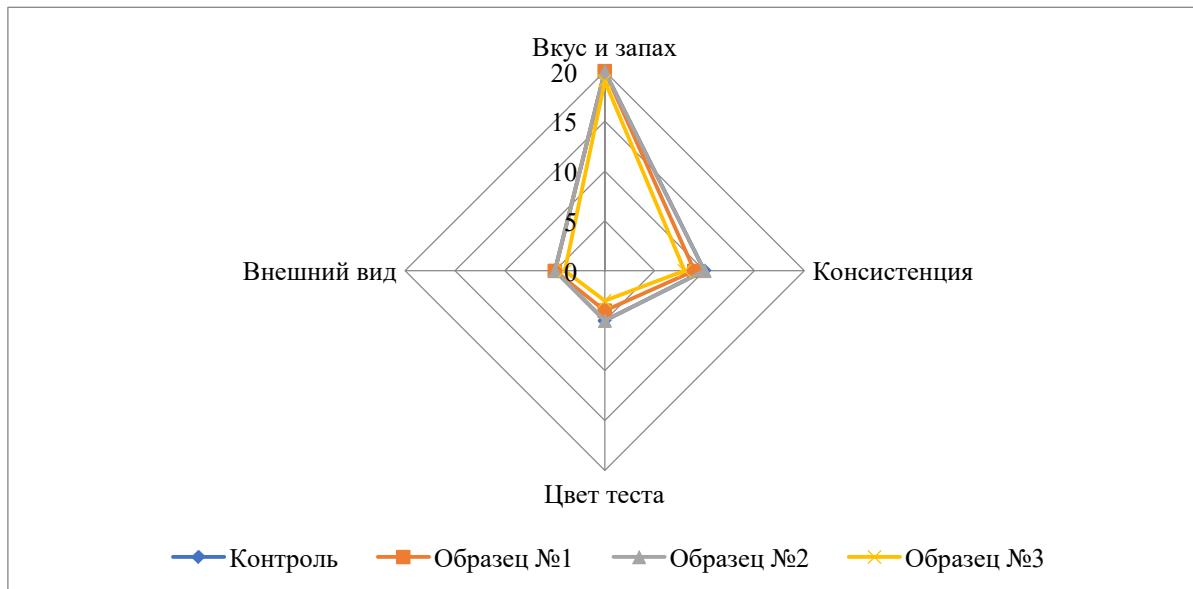


Рис. 2. Профилограмма дегустационной оценки
 Fig. 2. Tasting evaluation profile

ВЫВОДЫ

Проведенная оценка эффективности использования ферментных препаратов показала, что продолжительность свертывания и лучшие синеретические свойства имеет отечественный сырчужный фермент торговой марки «Нормаль». Анализ качественных характеристик образцов с различными ферментными препаратами также показал целесообразность применения отечественного препарата. В результате исследований частичной замены молока животного на соевое установлена количественная дозировка соевого молока. Показано, что использование соевого молока не более 3 % позволяет получить продукт, не уступающий по качественным характеристикам продукту, изготовленному на молоке коровьем.

Таким образом, применение отечественных рецептурных ингредиентов позволит не только расширить ассортимент мягких сыров, но и эффективно осуществить программу импортозамещения [12–15].

Список источников

1. Матвеева Т. А., Резниченко И. Ю. Мониторинг содержания кальция в молочных продуктах // Молочная промышленность. 2021. № 8. С. 16–17.
2. Physicochemical properties and health benefits of camel milk and its applications in dairy products: a review / Abd El-Aziz M., Kassem J. M., Assem F. M., Abbas H. M // Egyptian Journal of chemistry. 2022. V. 65. N 5. P. 107–124.
3. Indigenous Chinese-fermented dairy products: microbial diversity, flavour and health benefits / Xia A., Jiang Ya., Li B., Wang T., Zhao J., Liu X., Chen W. // International Dairy Journal. 2022. V. 135. P. 105479.
4. Мониторинг качества и безопасности сыров / Т. А. Матвеева, Н. Ю. Рубан, И. Ю. Резниченко, Д. Г. Попова // Контроль качества продукции. 2021. № 7. С. 37–43.
5. Хатко З. Н., Гашева М. А., Кудайнетова С. К. Разработка технологии сыра «Моцарелла» с заданными функциональными свойствами из козьего молока // Новые технологии. 2021. Т. 17. № 5. С. 53–64.
6. Брызгалова А. С. Оценка влияния разных концентраций соли в среде при различных температурных режимах на заквасочную культуру *Streptococcus thermophilus* // Шаг в науку. 2020. № 2. С. 12–16.
7. Макаров А. В., Ханипова В. А., Землянский Р. Д. Показатели жирнокислотного состава в процессе производства сыров // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 9 (37). URL: <https://jae.cifra.science/media/articles/7985.pdf> (дата обращения: 03.10.2024).
8. ГОСТ 34356-2017. Сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы. Технические условия. Москва. Стандартинформ. 2016. 18 с.

9. ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ, 2006. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021592> (дата обращения: 10.09.2024).

10. ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества (с изменениями № 1, 2, 3). М.: Стандартинформ, 2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021586> (дата обращения: 10.09.2024).

11. Делицкая И. Н., Мордвинова В. А. Особенности производства сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 3. С. 20–21.

12. Бочаров В. А., Кузнецова Н. Е., Мансуров А. П. Реалии импортозамещения на примере одной товарной группы // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 1 (60). С. 108–113.

13. Пашина Л. Л., Шкрабтак Н. В., Фролова Н. А. Перспективы производства пробиотических напитков // Пищевая промышленность. 2024. № 6. С. 100–102.

14. Способ получения молочного напитка: пат. 2787057 С1. Российская Федерация. № 2021140002 / Фролова Н. А., Резниченко И. Ю., Матвеева Т. А.; заявл. 30.12.2021; опубл. 28.12.2022. Бюл. № 1. 7 с.

15. Фролова Н. А. Использование консорциума микроорганизмов гранул водного кефира для получения напитка // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2024. № 67. С. 36–42.

References

1. Matveeva T. A., Reznichenko I. Yu. Monitoring soderzhaniya kal'tsiya v molochnykh produktakh [Calcium content monitoring in dairy products]. *Molochnaya promyshlennost'*, 2021, no. 8, pp. 16–17.
2. Abd El-Aziz M., Kassem J. M., Assem F. M., Abbas H. M. Physicochemical properties and health benefits of camel milk and its applications in dairy products: a review. *Egyptian Journal of chemistry*. 2022. V. 65. N 5. P. 107–124.
3. Xia A., Jiang Ya., Li B., Wang T., Zhao J., Liu X., Chen W. Indigenous Chinese-fermented dairy products: microbial diversity, flavour and health benefits. *International Dairy Journal*. 2022. V. 135. P. 105479.
4. Matveeva T. A., Ruban N. Yu., Reznichenko I. Yu., Popova D. G.. Monitoring kachestva i bezopasnosti syrov [Monitoring of quality and safety of cheeses]. *Kontrol' kachestva produktsii*, 2021, no. 7, pp. 37–43.
5. Khatko Z. N., Gasheva M. A., Kudaynetova S. K. Razrabotka tekhnologii syra "Motsarella" s zadannymi funktsional'nymi svoystvami iz koz'ego moloka [Development of Mozzarella cheese technology with specified functional properties from goat's milk]. *Novye tekhnologii*, 2021, vol. 17, no. 5, pp. 53–64.

6. Bryzgalova A. S. Otsenka vliyaniya raznykh kontsentratsiy soli v srede pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh na zakvasochnyu kul'turu Streptococcus thermophilus [Assessment of the impact of different salt concentrations in the environment at various temperature regimes on the starter culture *Streptococcus thermophilus*]. *Shag v nauku*, 2020, no. 2. pp. 12–16.
7. Makarov A. V., Khanipova V. A., Zemlyanskiy R. D. Pokazateli zhirnokislotnogo sostava v protsesse proizvodstva syrov [Fatty acid composition indicators during cheese production]. *Journal of Agriculture and Environment*, 2023, no. 9 (37), available at: <https://jae.cifra.science/media/articles/7985.pdf> (accessed 3 October 2024).
8. State Standard 34356-2017. Cheeses with cheddaring and thermal-mechanical treatment of cheese mass. Technical conditions. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 18 p. (In Russian).
9. State Standard 5867-90. Milk and dairy products. Methods for determining fat content. Moscow, Standartinform Publ., 2016, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200021592> (accessed 10 September 2024).
10. State Standard 3626-73. Milk and dairy products. Methods for determining moisture and dry matter (with amendments no. 1, 2, 3). Moscow, Standartinform Publ., 2009, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200021586> (accessed 10 September 2024).
11. Delitskaya I. N., Mordvinova V. A. Osobennosti proizvodstva syrov s cheddizatsiey i termomekhanicheskoy obrabotkoj syrnog massy [Features of producing cheeses with cheddaring and thermal-mechanical treatment of cheese mass]. *Syrodelie i maslodelie*, 2017, no. 3, pp. 20–21.
12. Bocharov V. A., Kuznetsova N. E., Mansurov A. P. Realii importozameshcheniya na primere odnoy tovarnoy gruppy [Realities of import substitution using one product group as an example]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2020, no. 1 (60), pp. 108–113.
13. Pashina L. L., Shkrabtak N. V., Frolova N. A. Perspektivy proizvodstva probioticheskikh napitkov [Prospects for the production of probiotic drinks]. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2024, no. 6, pp. 100–102.
14. Frolova N. A., Reznichenko I. Yu., Matveeva T. A. Sposob polucheniya molochnogo napitka [Method for obtaining a milk drink]. Patent RF, no. 2021140002, 2022.
15. Frolova N. A. Ispol'zovanie konsortsiuma mikroorganizmov granul vodnogo kefira dlya polucheniya napitka [Using a consortium of microorganisms from water kefir granules to make a drink]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2024, no. 67, pp. 36–42.

Информация об авторах

И. Ю. Резниченко – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии и производства продуктов питания

Н. А. Фролова – доктор технических наук, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования

Д. Б. Подашев – доктор технических наук, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования

И. С. Александров – доктор технических наук, директор Института морских технологий, энергетики и строительства

Information about the authors

I. Yu. Reznichenko – Doctor of Engineering, Professor of the Department of Biotechnology and Food Production

N. A. Frolova – Doctor of Engineering, Professor of the Department of Technology Equipment Engineering

D. B. Podashev – Doctor of Engineering, Professor of the Department of Technology Equipment Engineering

I. S. Aleksandrov – Doctor of Engineering, Director of the Institute of Marine Technologies, Energy and Construction

Статья поступила в редакцию 08.10.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 18.10.2024.

The article was submitted 08.10.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 18.10.2024.

Научная статья
УДК 637.146.34
DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100

Обоснование выбора заквасочной культуры молочнокислых организмов для производства обогащенного йогурта

Артем Игоревич Рыков¹, Светлана Викторовна Агафонова²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹temuha111@gmail.com ORCID 0009-0006-1334-3178

²svetlana.agafonova@klgtu.ru ORCID 0000-0002-5992-414X

Аннотация. По оценкам иностранных исследователей (Ghio B. et al.), около 65–80 % взрослого населения мира страдают непереносимостью лактозы. Непереносимость лактозы возникает у человека на генетическом уровне, поскольку она связана с геном LCT, или геном лактазы. На непереносимость лактозы, согласно медицинским исследованиям США, также влияет этническая принадлежность человека. Переход от традиционных к безлактозным продуктам ставит такие технологические задачи перед пищевой промышленностью, как сохранение полезных свойств в конечном продукте, приемлемые органолептические показатели и расширение ассортимента продукции для удовлетворения предпочтений потребителей. Для разработки качественного кисломолочного продукта особое внимание стоит уделить применяемой закваске с учетом сбалансированности следующих параметров: температуры, скорости сквашивания, вкуса и консистенции. Целью исследования явилось обоснование выбора заквасочной культуры для получения безлактозного йогурта, обогащенного концентратом люпинового белка, с наиболее благоприятными органолептическими характеристиками. Проведены сравнительные исследования заквасок различных производителей по физико-химическим, органолептическим показателям. Определены основные параметры процесса сквашивания йогурта: температура, время сквашивания, кислотность и органолептические показатели готового продукта. В результате проведенных исследований выявлено, что предпочтительной заквасочной культурой для производства йогурта является закваска Dalton Starter Yo, которая придает йогурту чистый, кисломолочный вкус и аромат, без каких-либо пороков, при температуре сквашивания 40–42 °С и времени сквашивания 5–6 часов. Описана возможность получения безлактозного йогурта с использованием ферментного препарата Dayrizym Y 50 L и безлактозного йогурта с добавлением люпинового концентрата. Изучено содержание лактозы в молоке и безлактозных йогуртах. В результате использования ферментного препарата Dayrizym Y 50 L было снижено содержание лактозы в йогурте до 0,001 %.

Ключевые слова: йогурт, заквасочная культура, безлактозный продукт, лактаза, ферментный препарат.

Для цитирования: Рыков А. И., Агафонова С. В. Обоснование выбора заквасочной культуры молочнокислых организмов для производства обогащенного йогурта // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 88-100. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100.

Original article

Justification of the choice of a starter culture of lactic acid organisms for the production of enriched yogurt

Artem I. Rykov¹, Svetlana V. Agafonova²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Abstract. According to foreign researchers (Ghio B. et al.), about 65–80% of the adult population in the world suffer from lactose intolerance. Lactose intolerance occurs in humans at the genetic level, since it is associated with the LCT gene or the lactase gene. According to medical research in the USA, lactose intolerance is also affected by a person's ethnicity. The transition from traditional to lactose-free products poses such technological challenges for the food industry as preserving beneficial properties in the final product, acceptable organoleptic indicators and expanding the range of products to meet consumer preferences. To develop a high-quality fermented milk product, special attention should be paid to the starter culture used, taking into account the balance of the following parameters: temperature, fermentation rate, taste and consistency. The purpose of the study was to substantiate the choice of starter culture for obtaining lactose-free yogurt enriched with lupine protein concentrate with the most favorable organoleptic characteristics. Comparative studies of starters from different manufacturers were carried out according to physicochemical and organoleptic indicators. The main parameters of the yogurt fermentation process have been determined: temperature, fermentation time, acidity and organoleptic indicators of the finished product. As a result of the studies, it has been found that the preferred starter culture for yogurt production is the Dalton Starter Yo starter, which gives the yogurt a pure, sour-milk taste and aroma, without any defects, at a fermentation temperature of 40–42 °C and a fermentation time of 5–6 hours. The possibility of obtaining lactose-free yogurt using the enzyme preparation Dayrizym Y 50 L and lactose-free yogurt with the addition of lupine concentrate is described. The lactose content in milk and lactose-free yogurts has been studied. As a result of using the enzyme preparation Dayrizym Y 50 L, the lactose content in yogurt has been reduced to 0.001%.

Keywords: yogurt, starter culture, lactose-free, lactase, enzyme preparation.

For citation: Rykov A. I., Agafonova S. V. Justification of the choice of a starter culture of lactic acid organisms for the production of enriched yogurt // *Izvestiya KGTU=KSTU News*. 2024;(75): 88-100. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100.

ВВЕДЕНИЕ

Издавна разнообразие кисломолочных изделий расширялось процессом ферментации молока домашних животных. Кисломолочные производства занимают второе место по значимости в отрасли ферментированных продуктов.

Йогурт – кисломолочный продукт, полученный путем сквашивания молока, является одним из самых древних и популярных товаров среди потребителей [1]. Его полезные свойства обусловлены повышенным содержанием белков с высокой биологической ценностью, витаминов В₂ и В₁₂, а также жирных кислот с короткой и средней цепью. Молочнокислые бактерии ферментируют молочный сахар с получением молочной кислоты и ряда побочных веществ, действующих на молочный белок и составляющих йогурт. Закваски, используемые в молочной промышленности, можно разделить на две большие группы – мезофильные и термофильные. Мезофильные закваски имеют оптимальную температуру роста 30 °С и применяются при производстве большинства видов сыров. Термофильные заквасочные культуры имеют оптимум действия при 37 °С и используются для йогурта, твердых и полутвердых сыров с высокими температурами приготовления. Симбиотические закваски *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* лежат в основе производства йогуртов. Для йогуртовых продуктов возможно использование заквасок на основе *Streptococcus thermophilus* и любых видов *Lactobacillus*. Симбиотическое взаимодействие, называемое протокооперацией, является одним из ключевых факторов, определяющих процесс ферментации и качество йогурта. Закваски играют ключевую роль в определении типа брожения, влияют на вкус, текстуру, пищевую ценность, а также препятствуют развитию бактериофагов. В применяемой закваске должны быть сбалансированы три параметра: скорость сквашивания, консистенция и вкус готового продукта. На органолептические характеристики йогурта оказывают влияние, в основном, следующие факторы: вид используемого молока, применяемая заквасочная культура, технология производства [2, 3].

Коровье молоко содержит около 4,7 % лактозы – дисахарида, состоящего из глюкозы и галактозы, гидролизующегося в организме человека в энteroцитах тонкого кишечника. Уровень лактазы в тонком кишечнике высок при рождении, что позволяет новорожденному переваривать большое количество лактозы, присущей в женском молоке (около 7 г/100 г). Однако примерно у 65–80 % населения планеты экспрессия лактазы генетически запрограммирована на снижение после отъема от груди, так что в кишечнике взрослого человека сохраняется только остаточная активность этого фермента [4, 5]. В России это потенциально каждый второй житель [6]. Непереносимость лактозы вызывает у человека расстройства желудочно-кишечного тракта. Лечение непереносимости включает в себя снижение или полное исключение из рациона продуктов, содержащих лактозу, до исчезновения симптомов, что является трудной задачей, так как лактоза присутствует в составе молочных продуктов и используется в качестве пищевой добавки [7].

Помимо непереносимости лактозы, дисахарид обладает также технологическим недостатком, т. к. сладость растворов лактозы примерно в 5 раз ниже, чем

сахарозы. Для усиления сладкого вкуса молочным продуктам требуется дополнительное введение сахара, в зависимости от получаемого конечного продукта данное добавление может значительно варьировать [8]. Действующий технический регламент на молоко и молочную продукцию определяет содержание лактозы в безлактозном молочном продукте на уровне 0,1 г на 1 л готового к употреблению продукта и ниже.

Люпин перспективен в производстве белковых продуктов высокой биологической ценности и способен конкурировать с ближайшим аналогом – соей. Он повышает пищевую ценность продукта за счет увеличения содержания белка и приносит определенную пользу для здоровья за счет соответствующих биоактивных пептидов [9, 10]. На сегодняшний день существуют разработки получения молочных продуктов с использованием люпина в качестве обогащающей добавки и/или заменяющей основной компонент в «классической» технологии. Люпиновое молоко с яичным порошком можно использовать для производства продуктов, аналогичных йогурту [11]. Показана высокая пищевая и биологическая ценность аналоговых плавленых сыров на основе люпиновой пасты, употребление которых может существенно обогатить рацион придерживающихся особой диеты потребителей [12]. Применение люпинового молока при изготовлении замороженных десертов не оказалось негативного влияния на физико-химические свойства конечного продукта, однако показало невысокую органолептическую оценку из-за горького вкуса [13]. Мороженое, сделанное на основе люпина и соевого молока, может служить заменой «классическому» мороженому, изготовленному из коровьего молока [14].

Целью настоящего исследования явилось обоснование выбора заквасочной культуры для получения безлактозного йогурта, обогащенного концентратом люпинового белка, с наиболее благоприятными органолептическими характеристиками. Для достижения поставленной цели решались задачи по исследованию химического состава молока (сырья для производства йогурта), динамики кислотонакопления в сквашиваемых образцах при использовании различных заквасок и ферментного препарата лактазы Dayrizym Y 50 L, органолептических показателей образцов йогурта и остаточного содержания лактозы в них.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве заквасочных культур для производства йогурта использовались закваски, представленные в табл. 1.

Для получения безлактозного йогурта применяли ферментный препарат микробного происхождения Dayrizym Y 50 L, производитель «SternEnzym GmbH & Co. KG», Kurt-Fischer-Straße 55, 22926 Ahrensburg (Германия). В основе ферментного препарата лежит жидкая дрожжевая β -галактозидаза β (β -D-галактозидгалактогидролаза) с широким диапазоном pH и температуры. Фермент растворяют в жидкости, содержащей глицерин. Благодаря специальной стадии очистки фермент не дает побочных эффектов, позволяет получить безлактозный продукт без неприятных привкусов, активен при стандартной температуре сквашивания йогурта (30–40 °C).

Таблица 1. Характеристика заквасочных культур для йогурта
 Table 1. Characteristics of starter cultures for yogurt

Заква- ска	Страна- произ- води- тель	Состав	Технологические режимы сквашивания			Описание
			Темпе- ратура, °C	Вре- мя, ч	Кислот- ность, °T	
Profi-line® YO 22.11 R3 Gol- den Line®	Россия	<i>Strepto- coccus salivarius</i> ssp. <i>ther- mophilus</i> , <i>Lactoba- cillus del- brueckii</i> ssp. <i>bul- garicus</i> , <i>Lactoba- cillus del- brueckii</i> ssp. <i>lactis</i>	37–44	4–7	70–80	Обеспечивает плотную струк- туру продукта, маловязкую, умеренно гус- тую консистен- цию, умерен- ный аромат йо- гурта и кисло- молочный вкус.
Golden Time® YO 22.40 D Golden Line®	Россия	<i>Strepto- coccus salivarius</i> ssp. <i>ther- mophilus</i> , <i>Lactoba- cillus del- brueckii</i> ssp. <i>bul- garicus</i>	37–44	4–6	75–80	Обеспечивает вязкую и плот- ную структуру продукта, чистый кисломолочный вкус и аромат.
MicroM ILK YO 60/1	Италия	<i>Streptococ- cus saliva- rius</i> ssp. <i>thermophili- lus</i> , <i>actobacill- us</i> <i>delbrueckii</i> ssp. <i>bul- garicus</i>	38–42	4–7	70–75	Обеспечивает густую, немного тянущуюся кон- систенцию, мяг- кий сливочный вкус и аромат.

Dalton Starter Yo	Италия	<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>Thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	40–42	4–5	70–75	Данная закваска обладает средним уровнем кислотообразования и ароматизации. Вырабатывает значительное количество полисахаридов, что увеличивает вязкость продукта.
-------------------	--------	--	-------	-----	-------	--

В качестве обогащающей добавки был использован люпиновый белковый концентрат, полученный по технологии, предусматривающей шелушение семян, измельчение ядра и получение муки, смешивание муки с водой. В полученном субстрате было существенно снижено содержание небелковых соединений за счет расщепления их ферментными препаратами целлюлолитической направленности и последующей промывки ферментолизата [15].

Массовую долю белка в молоке определяли согласно ГОСТ 23327-98, массовую долю жира – по ГОСТ 5867-90, п. 2 (кислотный метод), кислотность – по ГОСТ 3624-92.

Массовая доля лактозы определялась по ГОСТ Р 54760-2011 методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «МАЭСТРО». Метод включает удаление жира и белка из образца путем добавления растворов сульфата меди и гидроксида натрия. Разделение моносахаридов и дисахаридов в фильтрате осуществляли на хроматографической колонке в режиме изократического элюирования с регистрацией на рефрактометрическом детекторе [16]. Для измерений использовали колонку длиной 300 мм, с внутренним диаметром 6,5 мм. Скорость потока элюента составила 0,3–0,4 см³/мин, температура термостата – 80 °C, объем вводимой пробы – 10 мкл. Идентификацию углеводов проводили, сравнивая время удерживания летучих производных углеводов и соответствующих образцов. Для количественного определения лактозы необходимо построить градуировочные графики, используя растворы с заранее установленной концентрацией (массовой долей).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения йогурта использовали молоко питьевое пастеризованное, с массовой долей жира 3,2 % по ГОСТ 31450-2013, химический состав которого приведен в табл. 2.

Эксперимент подтвердил, что все виды заквасок образовывали молочно-белковый сгусток в течение 7 часов при температуре сквашивания 40–42 °C (рис. 1). Данные показывают достижение титруемой кислотности исследуемых образцов в пределах 78±10 °T по истечении 7 часов. Ферментный препарат Dayrizym Y 50 L не изменил заявленного производителями заквасок времени сквашивания.

Таблица 2. Химический состав молока
 Table 2. Chemical composition of milk

Наименование показателей	Содержание, г/100 г
Лактоза	4,6±0,1
Кислотность, °Т	17,0±1,9
Жир	3,200±0,065
Белок	3,00±0,06

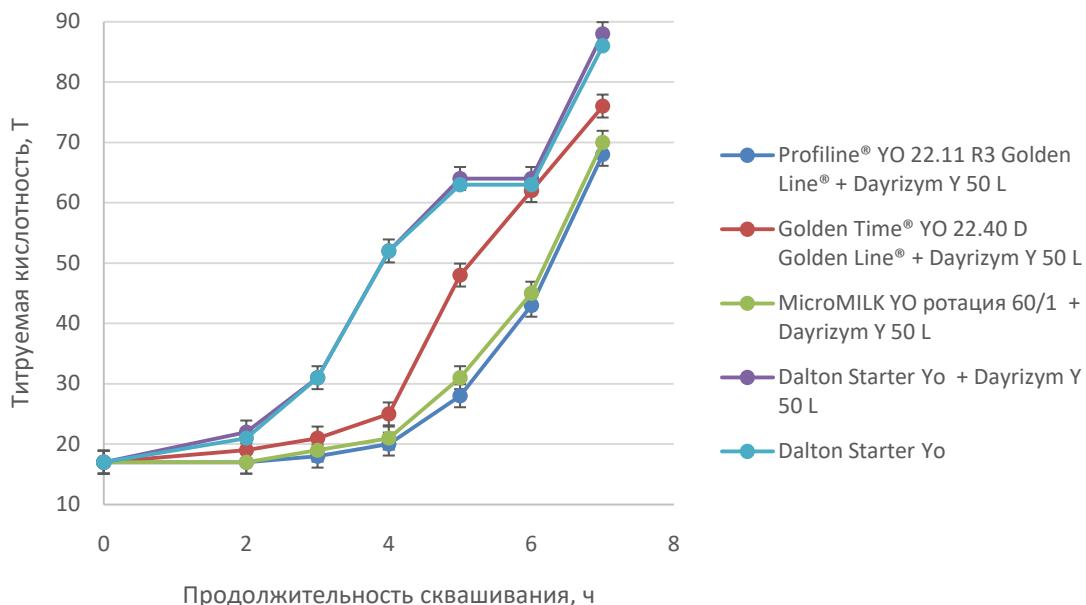


Рис. 1. Динамика кислотонакопления в образцах йогурта в процессе сквашивания
 Fig. 1. Dynamics of acid accumulation of samples in the process of yogurt fermentation

Массовая доля лактозы во всех образцах йогурта составила менее 0,00100 % ($\pm 0,00012 \%$), что значительно ниже допустимого значения (0,1 %) по требованиям, предъявляемым к безлактозным молочным продуктам. Использование ферментного препарата Dayrizym Y 50 L позволяет практически полностью гидролизовать лактозу до «следового» содержания, лежащего на границе высокоточного метода определения. За счет гидролиза лактозы до глюкозы и галактозы конечный продукт приобретает дополнительную сладость, что позволяет снизить содержание «добавленных» сахаров в сладких йогуртах.

Была проведена органолептическая оценка и характеристика образцов безлактозного йогурта с использованием описательного метода сенсорного анализа. Полученные результаты представлены на рис. 2.

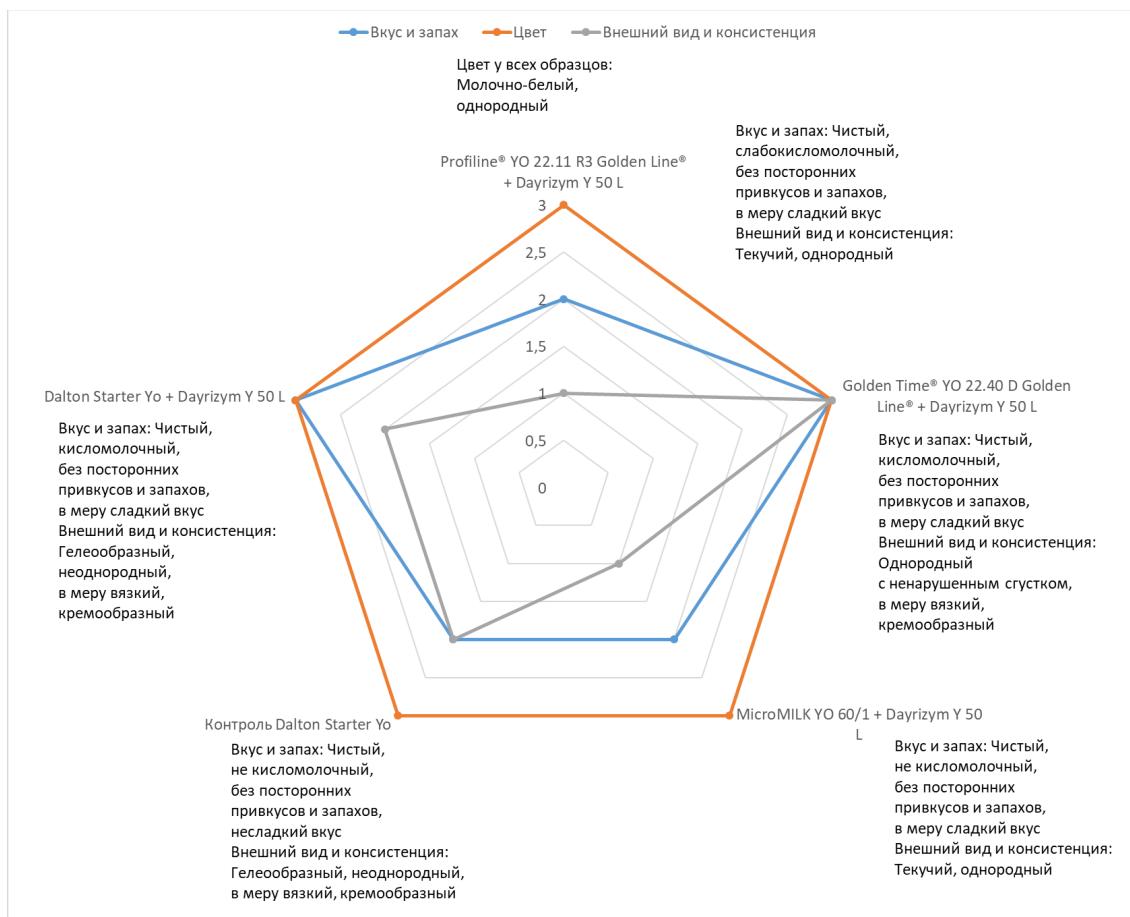


Рис. 2. Органолептическая характеристика и оценка образцов йогурта, полученных с использованием разных заквасочных культур

Fig. 2. Organoleptic characteristics and evaluation of yogurt samples obtained using various starter cultures

Предварительная рецептура йогурта с использованием люпинового белкового концентрата была апробирована в связи с техно-функциональными свойствами белков, такими как растворимость и эмульгирование, что делает белки перспективными для использования в качестве заменителей молочного сырья [17]. В результате образец йогурта, обогащенный люпиновым белковым концентратом в количестве 5 % к основному сырью (молоку пастеризованному), продемонстрировал приемлемые реологические, текстурные свойства и низкую склонность к синерезису. При молочнокислом брожении люпиновый белковый концентрат способен сократить время брожения, что видно на графиках, представленных на рис. 3.

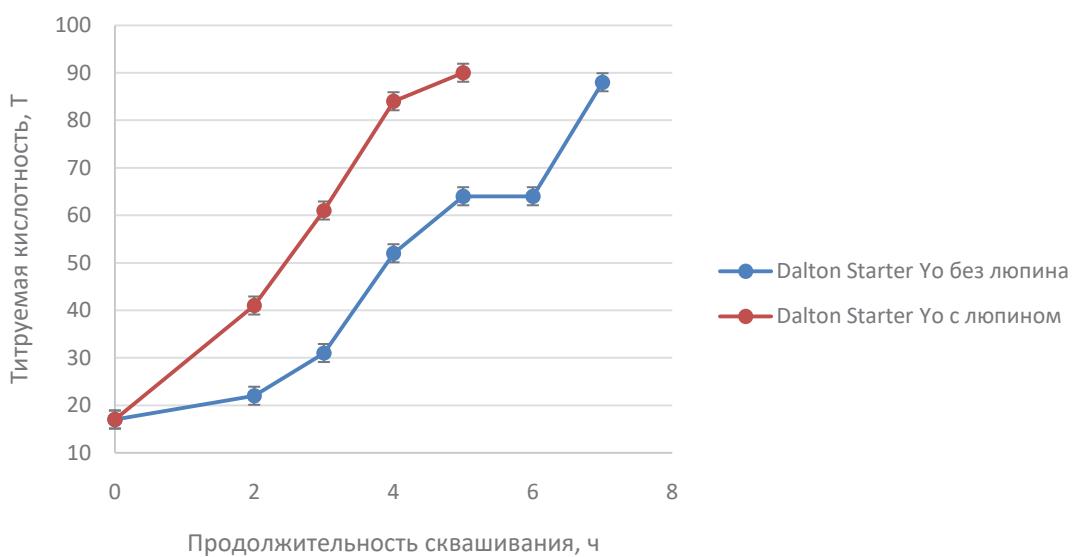


Рис. 3. Сравнение динамики кислотонакопления образцов без/с люпиновым белковым концентратом

Fig. 3. Comparison of the dynamics of acid accumulation in samples with and without lupine protein concentrate

Образцы йогурта оценивались по девятибалльной шкале по следующим показателям: вкус и запах, цвет, внешний вид и консистенция. Результаты оценки представлены на рис. 4.

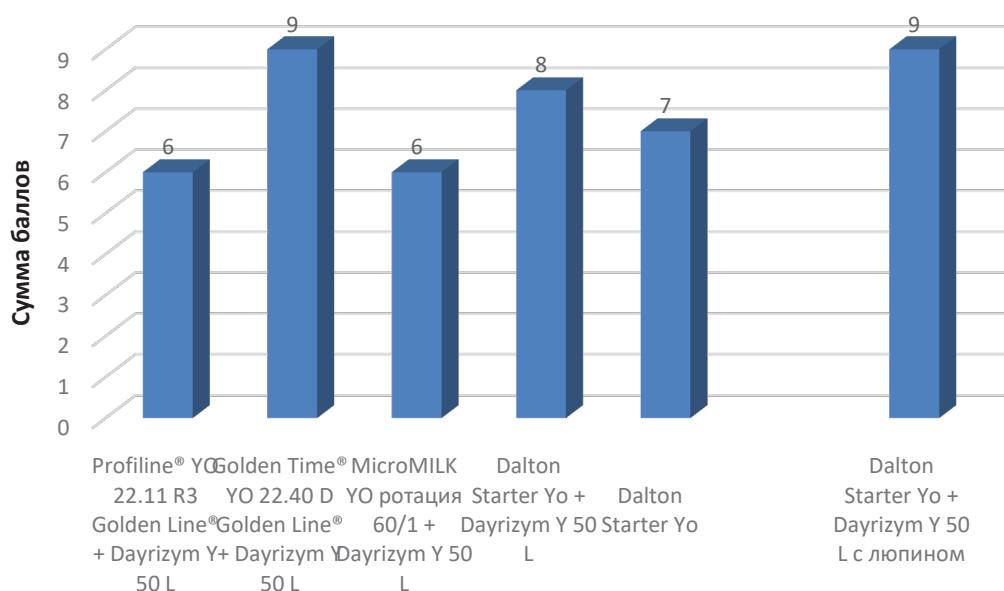


Рис. 4. Органолептическая оценка образцов йогурта
 Fig. 4. Organoleptic evaluation of yogurt samples

Высокую органолептическую оценку (9 баллов) получили образцы йогурта с использованием закваски Golden Time® YO 22.40 D Golden Line®. Йогурт с до-

бавлением люпинового белкового концентрата и применением закваски Dalton Starter Yo также получил высокую оценку (9 баллов). Данные образцы обладали отличным кисломолочным вкусом и ароматом, однородной консистенцией с плотным сгустком, без посторонних привкусов и запахов. Добавление люпинового белкового концентрата не оказalo негативного влияния на органолептические характеристики продукта. Образец йогурта без добавления ферментного препарата Dayrizym Y 50 L получил среднюю оценку (7 баллов) из-за недостаточно сладкого вкуса. Образцы йогурта с использованием заквасок Profiline® YO 22.11 R3 Golden Line®, MicroMILK YO 60/1 получили меньшую оценку (6 баллов), так как обладали слабомолочным вкусом и запахом.

ВЫВОДЫ

Исследование процесса кислотонакопления в образцах йогурта и их органолептическая оценка показали, что Dalton Starter Yo является наилучшей закваской для производства безлактозного йогурта с добавлением концентрата люпинового белка. Данная заквасочная культура позволяет получить йогурт с чистым кисломолочным вкусом и ароматом при оптимальном времени сквашивания 5–6 часов и температуре 40–42 °С. Исследование лактозы в молоке (сырье) и готовых йогуртах показало снижение ее количества за счет действия ферментного препарата Dayrizym Y 50 L до допустимых пределов для безлактозных йогуртов.

Йогурт с добавлением люпинового белкового концентрата и применением бактериальной закваски Dalton Starter Yo демонстрирует приемлемые результаты органолептической оценки. Добавление люпинового белкового концентрата положительно влияет на реологические и физико-химические показатели безлактозного йогурта, уменьшает время сквашивания на 29 %. Продукт может быть включен в рацион страдающих непереносимостью лактозы потребителей.

Список источников

1. Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits // Nutrients. 2019. V. 11. N 3. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
2. Кабисова П.Э. Перспективы использования заквасок прямого внесения при производстве кисломолочных продуктов // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Сапрыгина Георгия Петровича, Омск, 13–14 апреля 2017 г. Омск, 2017. С. 324–326.
3. Баймагамбетова А. Б, Велямов М. Т. Разработка технологии изготовления кисломолочного продукта йогурта и изучение его качественных показателей // Новости науки Казахстана. 2017. № 4 (134). С. 111–131.
4. Lactose-free Yogurts do not Show any Benefits for Lactose-Intolerant Subjects, Compared with Lactose-Containing Yogurts / Ghio B. et al. // J. Food Nutr Disor. 2019. V. 3. N 2. 4 p. DOI: 10.4172/2324-9323.1000262.
5. Storhaug C. L., Fosse S. K., Fadnes L. T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: A systematic review and meta-analysis //

Lancet Gastroenterology & Hepatology. 2017. N 2. P. 738–746. DOI: 10.1016/S2468-1253(17)30154-1.

6. Результаты всероссийского исследования о непереносимости лактозы и потреблении молочных продуктов в 2023 году. URL: <https://souzmoloko.ru/news/novosti-company-souzmoloko/issledovanija-o-neperenosimosti-laktozy.html> (дата обращения: 13.08.2024).

7. Fassio F., Facioni M. S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption and intolerance: A comprehensive review with a focus on current management and future perspectives // Nutrients. 2018. N. 10. P. 159–169. DOI: 10.3390/nu10111599.

8. Goff H. D. Ice cream and frozen desserts // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2000. P. 1–15. DOI: https://doi.org/10.1002/14356007.a13_563.pub2.

9. Peptides derived from lupin proteins confer potent protection against oxidative stress / Guo X et al. // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018 V. 98. N 14. P. 5225–5234. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9059>.

10. Pasta supplemented with isolated lupin protein fractions reduces body weight gain and food intake of rats and decreases plasma glucose concentration upon glucose overload trial / Capraro J. et al. // Food & Function. 2014. V. 5. N 2. P. 375–380. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3FO60583C>.

11. Kavas N. Yogurt-like product from lupine (*Lupinus albus* L.) milk as an alternative to dairy products // Foods and Raw Materials. 2022. V. 10. N 2. P. 377–385. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-546>.

12. Awad R. A., Salama W. M., Farahat A. M. Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2014. V. 13. N 1. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.5>.

13. Akalın H., Kinik Ö., Şatır G. Manufacturing plant-based non-dairy and probiotic frozen desserts and their impact on physicochemical, sensory and functional aspects // Journal of Food Science and Technology. 2024. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05964-8>.

14. Asres A. M., Woldemariam H. W., Gemechu F. G. Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as alternatives to cow milk // International Journal of Food Properties. 2022. V. 25. N 1. P. 278–287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2032733>.

15. Рыков А. И., Агафонова С. В. Оптимизация параметров биоконверсии люпинового сырья при получении белкового полуфабриката // Инновации в индустрии питания и сервисе: электронный сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Краснодар, 11 ноября 2022 г. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. С. 197–202.

16. Разработка методик измерений для характеристизации стандартных образцов углеводного состава молочных продуктов / О. С. Голынец и др. // Эталоны. Стандартные образцы. 2022. Т. 18. № 2. С. 35–56.

17. Influence of lupin-based milk alternative heat treatment and exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the physical characteristics of lupin-based yogurt alternatives / Hickisch A. et al. // Food Research International. 2016. V. 84. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037>.

References

1. Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits. *Nutrients*. 2019. V. 11. N 3. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
2. Kabisova P. E. Perspektivy ispol'zovaniya zakvasok pryamogo vneseniya pri proizvodstve kislomolochnykh produktov [Prospects for using directly introduced starter cultures in the production of fermented milk products]. *Perspektivy proizvodstva produktov pitaniya novogo pokoleniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy pamyati professora Saprygina Georgiya Petrovicha* [Prospects for the production of new generation food products: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference with international participation dedicated to the memory of Professor Georgy Petrovich Saprygin, Omsk, 13–14 April 2017]. Omsk, 2017, pp. 324–326.
3. Baymagambetova A. B., Velyamov M. T. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya kislomolochnogo produkta yogurta i izuchenie ego kachestvennykh pokazateley [Development of technology for the production of fermented milk product yogurt and the study of its quality indicators]. *Novosti nauki Kazakhstana*, 2017, vol. 4, iss. 134, pp. 111–131.
4. Ghio B. et al. Lactose-free Yogurts do not Show any Benefits for Lactose-Intolerant Subjects, Compared with Lactose-Containing Yogurts. *J. Food Nutr Disor* 8. 2019. V. 3. N 2. 4 p. DOI: 10.4172/2324-9323.1000262.
5. Storhaug C. L., Fosse S. K., Fadnes L. T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017. N 2. P. 738–746. DOI: 10.1016/S2468-1253(17)30154-1.
6. *Rezul'taty vserossiyskogo issledovaniya o neperenosimosti laktozy i potreblenii molochnykh produktov v 2023 godu* [Results of an all-Russian study on lactose intolerance and consumption of dairy products in 2023], available at: <https://souzmoloko.ru/news/novosti-company-souzmoloko/issledovaniya-o-neperenosimosti-laktozy.html> (Accessed 13 August 2024).
7. Fassio F., Facioni M. S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption and intolerance: A comprehensive review with a focus on current management and future perspectives. *Nutrients*. 2018. N. 10. P. 159–169. DOI: 10.3390/nu10111599.
8. Goff H. D. *Ice cream and frozen desserts. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 2000. P. 1–15. DOI: https://doi.org/10.1002/14356007.a13_563.pub2.
9. Guo X et al. Peptides derived from lupin proteins confer potent protection against oxidative stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. V. 98. N 14. P. 5225–5234. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9059>.
10. Capraro J. et al. Pasta supplemented with isolated lupin protein fractions reduces body weight gain and food intake of rats and decreases plasma glucose concentration upon glucose overload trial. *Food & Function*. 2014. V. 5. N 2. P. 375–380. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3FO60583C>.
11. Kavas N. Yogurt-like product from lupine (*Lupinus albus* L.) milk as an alternative to dairy products. *Foods and Raw Materials*. 2022. V. 10. N 2. P. 377–385. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-546>.

12. Awad R. A., Salama W. M., Farahat A. M. Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2014. V. 13. N 1. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.5>.
13. Akalin H., Kmik Ö., Şatır G. Manufacturing plant-based non-dairy and probiotic frozen desserts and their impact on physicochemical, sensory and functional aspects. *Journal of Food Science and Technology*. 2024. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05964-8>.
14. Asres A. M., Woldemariam H. W., Gemechu F. G. Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as alternatives to cow milk. *International Journal of Food Properties*. 2022. V. 25. N 1. P. 278–287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2032733>.
15. Rykov A. I., Agafonova S. V. Optimizatsiya parametrov biokonversii lyupinovogo syr'ya pri poluchenii belkovogo polufabrikata [Optimization of bioconversion parameters of lupine raw materials when obtaining a protein semi-finished product]. *Innovatsii v industrii pitaniya i servise: elektronnyy sbornik materialov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovations in the food industry and service: online collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference, Krasnodar, 11 November 2022]. Krasnodar, Kuban State Technological University, 2023, pp. 197–202.
16. Golynets O. S. et al. Razrabotka metodik izmereniy dlya kharakterizatsii standartnykh obraztsov uglevodnogo sostava molochnykh produktov [Development of measurement procedures for the characterization of reference materials for carbohydrate composition of dairy product]. *Etalony. Standartnye obraztsy*, 2022, vol. 18, iss. 2, pp. 35–56.
17. Hickisch A. et al. Influence of lupin-based milk alternative heat treatment and exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the physical characteristics of lupin-based yogurt alternatives. *Food Research International*. 2016. V. 84. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037>.

Информация об авторах

А. И. Рыков – аспирант кафедры пищевой биотехнологии
С. В. Агафонова – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Information about the authors

A. I. Rykov – postgraduate student of the Department of Food Biotechnology
S. V. Agafonova – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 17.09.2024; одобрена после рецензирования 27.09.2024; принята к публикации 18.10.2024.

The article was submitted 17.09.2024; approved after reviewing 27.09.2024; accepted for publication 18.10.2024.

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

Научная статья
УДК 629.562.5
DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-103-116

**Обоснование граничных условий и архитектурно-конструктивного типа
при разработке современного тунцеловного судна для промысла
в Атлантическом океане на ранних этапах проектирования**

**Ольга Олеговна Лукьянова¹, Андрей Андреевич Мушенков², Евгений Анд-
реевич Чуреев³**

^{1,2,3} Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹olga.lukyanova@klgtu.ru

²andrey.mushenkov@klgtu.ru

³e.chureev@klgtu.ru

Аннотация. Промысел тунца осуществляется различными типами орудий лова – кошельковыми неводами, ярусами, удочками, троллами, дрифтерными сетями, тралями. Наиболее эффективным способом является лов кошельковым неводом (порядка 65 % от общего мирового улова тунца). В России к 2009 году тунцеловный промысел был прекращен вследствие морального и физического износа судов. Необходимость возобновления лова тунца неоднократно обсуждалась на разных дискуссионных площадках, в том числе на высоком государственном уровне. В данной работе оцениваются характеристики судна для возобновления промышленного лова тунца под государственным флагом Российской Федерации на раннем этапе проектирования. В настоящее время, учитывая geopolитическую ситуацию, прежде всего следует рассматривать перспективу промысла в Атлантическом океане. Исследованы предполагаемые районы промысла в зонах африканских государств. В качестве порта приписки принят г. Калининград. В статье приведены итоги обработки статистических данных современных тунцеловных судов, всего выбрано 32 судна. Так как районы промысла достаточно удалены от порта приписки, то при подборе статистики оценивались только средние и большие суда. На основе полученных данных проведено исследование: выявлены некоторые зависимости и диапазоны изменения основных характеристик судов данного типа, произведено сравнение с тунцеловными сейнерами, построенными в СССР и за рубежом в XX веке. Выполнен анализ чертежей общего расположения и обоснован архитектурный конструктивный тип будущего проектируемого судна.

Ключевые слова: судостроение, тунцеловное судно, промысловое судно, Атлантический океан, рыболовный флот.

Для цитирования: Лукьянова О. О., Мушенков А. А., Чуреев Е. А. Обоснование граничных условий и архитектурно-конструктивного типа при разработке современного тунцеловного судна для промысла в Атлантическом океане на ранних этапах проектирования // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 103-116. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-103-116.

Original article

**Justification of boundary conditions and architectural and structural type
in the development of a modern tuna vessel for fishing in the Atlantic Ocean
at the early stages of design**

Ol'ga O. Lukyanova¹, Andrey A. Mushenkov², Evgeniy A. Chureev³

^{1,2,3} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹olga.lukyanova@klgtu.ru

²andrey.mushenkov@klgtu.ru

³e.chureev@klgtu.ru

Abstract. Tuna fishing is carried out using various types of fishing gear: purse seines, longlines, fishing rods, trolls, drift nets, trawls. The most effective method is purse seine fishing (about 65% of the total global tuna catch). In Russia, by 2009, due to the moral and physical wear and tear of vessels, tuna fishing has been discontinued. The need to resume tuna fishing has been repeatedly assessed more than once at various discussion forums, including at a high government level. This paper evaluates the characteristics of a vessel for the resumption of industrial tuna fishing under the State Flag of the Russian Federation at an early stage of design. Currently, given the geopolitical situation, the prospect of fishing in the Atlantic Ocean should be considered first of all. The proposed fishing areas in the zones of African States are considered. Kaliningrad is considered as a home port. The article presents the results of the statistical data processing of modern tuna fishing vessels, a total of 32 vessels have been selected. Since the fishing areas are quite far from the home port, only medium and large vessels have been considered when selecting statistics. Based on the data obtained, a study has been carried out: some dependencies and ranges of changes in the main characteristics of vessels of this type have been identified; a comparison has been made with tuna seiners built in the USSR and abroad in the twentieth century. The analysis of the drawings of the general location has been carried out and the architectural design type of the future projected vessel has been substantiated.

Keywords: shipbuilding, tuna vessel, fishing vessel, Atlantic Ocean, fishing fleet.

For citation: Lukyanova O. O., Mushenkov A. A., Chureev E. A. Justification of boundary conditions and architectural and structural type in the development of a modern tuna vessel for fishing in the Atlantic Ocean at the early stages of design // *Izvestiya KGTU=KSTU News*. 2024;(75): 103-116. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-103-116.

ВВЕДЕНИЕ

Промысел тунца в СССР велся с 1964 г. и активно развивался. К 1990-м годам тунцеловный флот насчитывал 28 сейнеров и более 10 ярусников [1]. В настоящее время специализированные суда для ловли тунца в России отсутствуют и весь годовой улов формируется за счет прилова траулерами, при этом не превышая 5–7 тыс. т в год согласно данным [2].

Вопрос о необходимости возобновления тунцеловного промысла неоднократно поднимался на различных уровнях. В Федеральную целевую программу «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. была включена опытно-конструкторская работа «Разработка концептуального проекта большого тунцеловного сейнера», шифр «Тунцелов» [3], [4].

В 2017 году в Совете Федерации состоялся «круглый стол» на тему «Развитие российского рыболовного промысла в открытых и удаленных районах Мирового океана: проблемы и перспективы» [5]. В процессе обсуждений добыча тунца была признана как обладающая потенциалом для реализации. Также была отмечена проблема отсутствия российского тунцеловного флота.

В соответствии с распоряжением Правительства РФ «О Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 г.» стратегическими задачами являются увеличение добычи российскими судами водных биологических ресурсов с целью освоения и сохранения запасов Мирового океана.

Учитывая вышеизложенное, авторы поставили перед собой цель создать современное тунцеловное судно. На начальном этапе исследования необходимо выполнить анализ основных элементов существующих тунцеловных судов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЙОНОВ ПРОМЫСЛА

Мировая добыча тунца осуществляется в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах [6]. В рамках исследования рассматривается возможность возобновления промысла в Атлантическом океане. Это обусловлено тем, что промысел тунца в Атлантическом океане регламентируется Международной организацией (ИККАТ) по сохранению тунцов Атлантического океана, и Россия имеет квоту на вылов как страна-учредитель и член ИККАТ. В качестве предполагаемых районов промысла рассматриваются открытые части океана, а также прибрежные зоны африканских государств, в числе которых Сьерра-Леоне, Либерия, о-ва Зеленого Мыса, Экваториальная Гвинея, Габон, Кот-д'Ивуар, Гана, Сан-Томе и Принсипи, Ангола. Данные районы выбраны основываясь на обзоре, представленном в [7]. В табл. 1 отображены ориентировочные расстояния от порта г. Калининграда до каждого из предложенных районов.

Как видно из табл. 1, районы промысла достаточно удалены от порта г. Калининграда, поэтому в процессе проектирования следует рассмотреть целесообразность использования экспедиционной формы промысла (т. е. доставка замороженного тунца до берега осуществляется с помощью приемно-транспортного рефрижератора) либо автономной. Решение по используемой форме промысла и, следовательно, по проектной автономности вновь проектируемого судна необходимо принимать по результатам технико-экономических расчетов.

Таблица 1. Ориентировочные расстояния от порта приписки до районов промысла
 Table 1. Approximate distances from homeport to fishing areas

Район промысла	Расстояние до района промысла, м. мили	Район промысла	Расстояние до района промысла, м. мили
Сьерра-Леоне	4050		Габон
Либерия	4230		Кот-д'Ивуар
О-ва Зеленого Мыса	3620		Гана
Экваториальная Гвинея	5570		Сан-Томе и Принсипи

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТУНЦЕЛОВЫХ СУДОВ

В ходе подбора статистических данных было рассмотрено более 30 проектов средних и больших современных тунцеловных сейнеров [8], [9], [10], [11]. Основные характеристики рассматриваемых судов представлены в табл. 2.

В связи с тем, что в качестве объемных характеристик у зарубежных судов, как правило, указываются только валовая вместимость и дедвейт, то на основании полученных данных были выявлены линейные зависимости валовой вместимости GT от длины судна L и высоты борта H (рис. 1, 2).

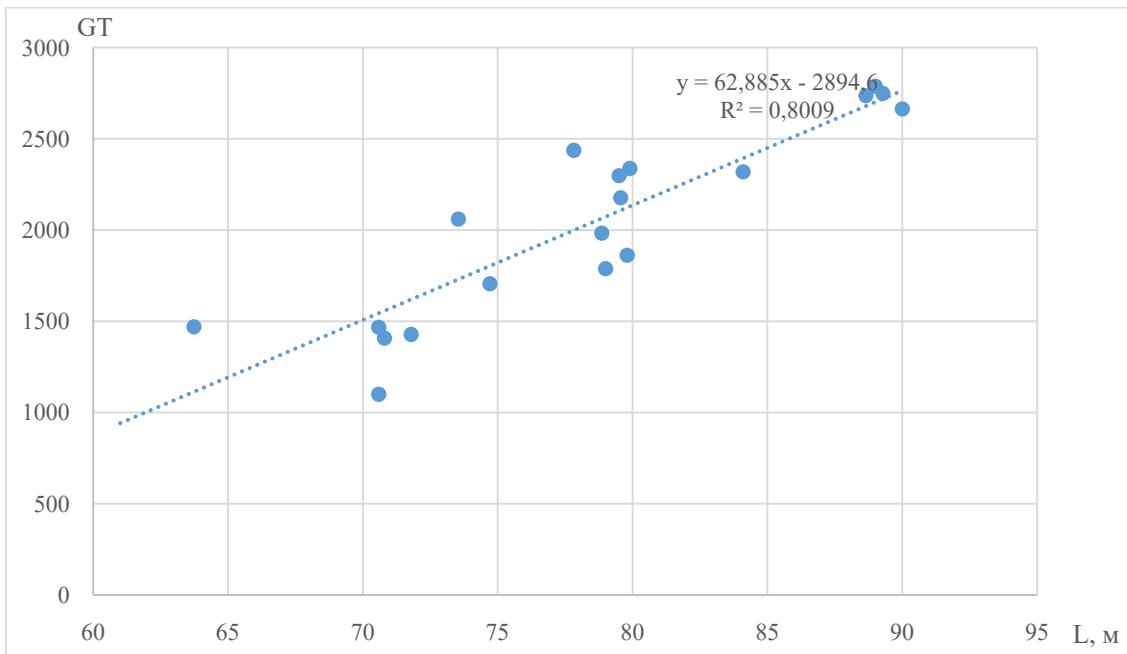


Рис. 1. Линейная зависимость изменения валовой вместимости (GT) от длины судна (L)
 Fig.1. Linear dependence of the change in gross tonnage GT on length (L)

Таблица 2. Характеристики современных тунцеловных сейнеров
 Table 2. Characteristics of modern tuna seiners

№ п/п	Наименование судна	Год по- стройки	Длина, м	Ши- рина, м	Вы- сота борта, м	Осадка, м	Реги- стровая вмести- мость	Дед- вейт, т	Эки- паж, чел.	Ско- ростъ, уз.	Грузовомес- тность V _{гр} , м ³	Мощ- ность ГД, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	ATTERPE ALAI C745	2019	89,28	14,35	9,35	6,8	2789	2447	42	18,2	1860	5220
2	ÍZARO	2014	88,65	14,35	9,35	6,8	2737	2471	—	18,2	1900	4500
3	LJUBICA	2014	89,28	14,35	9,35	6,8	2749	2484	35	18	2000	4500
4	Euskadi Alai	2015	89,0	14,0	—	7,0	2788	2448	—	—	1900	6114
5	PS 80-1620/1800	—	79,50	14,20	9,20	—	—	—	31	16,5	1800	4000
6	PS 90-1900/2150	—	90,0	14,50	9,05	—	—	—	35	17,5	2150	4000
7	Génan	2005	84,10	13,80	—	7,5	2319	2165	27	17,5	1500	4000
8	PS 50-600/760	—	49,90	11,0	7,65	—	—	—	21	13,5	760	2240
9	Morn Seselwa	—	79,50	14,20	9,20	6,5	2298	—	40	15,5	1520	2800
10	PS 80-1780/1960 Advanced	—	79,50	14,20	9,20	—	—	—	31	17	1960	4000
11	franche terre	2009	90,0	14,50	—	6,8	2664	—	38	17,5	1470	2000
12	TUNA FREEZER PURSE SEINER'	—	61,0	12,40	—	—	—	—	19	14,5	1050	2460
13	MOAKONA	2014	79,90	15,09	8,98	6,2	2338	2738	25	17	1972	3354
14	SHILLA SPRINTER	2011	73,82	15,09	8,82	—	2359	2768	25	17	1200	3310
15	SHILLA HARVESTER	2011	73,82	15,09	8,82	—	2359	2768	25	17	1200	3310
16	SHILLA PIONEER	2014	73,54	15,09	8,82	—	2441	2735	25	17	1300	3310
17	SHILLA EXPLORER	2014	73,54	15,09	8,98	—	2441	2750	25	19,2	1300	3310

18	WIN WIN 707	2018	74,71	12,80	7,45	—	1688	1555	40	14	1938	2647
19	SOUTHERN SEAS NO.302	2015	70,8	12,50	7,25	4,7	1408	2365	29	13,3	900	2647
20	JH YU NO.568	2020	74,71	12,80	7,45	4,5	1706	—	40	13,6	1861	2647
21	HSIEH FENG NO.789	2015	71,79	12,20	7,20	4,8	1428	—	40	14,6	1603	2647
22	HSIEH FENG NO.788	2015	71,79	12,20	7,20	4,8	1428	—	40	14,4	1603	2647
23	FONG KUO NO.866	2006	72,37	12,20	7,20	—	1179	1149	32	—	1623	2354
24	FONG KUO NO.828	2013	70,59	12,30	7,25	—	1467	1432	40	13,7	1709	2648
25	FONG KUO NO.688	2014	71,79	12,20	7,20	—	1429	—	40	13,9	1481	2648
26	WIN POWER NO.707	2022	78,86	14,66	8,29	—	1983	—	40	13,8	1821	3000
27	BONAMI	2019	79,80	14,50	8,55	7,5	1862	2136	33	15,1	1968	3632
28	WAKABA MARU NO.7	2009	79,0	13,0	8,30	5,6	760	1507	29	14,5	1946	2942
29	HAKKO MARU NO.35	2013	63,74	12,90	7,95	6,4	1470	—	26	17,2	1287	2647
30	DOLORES 873	2019	70,59	12,30	7,25	4,6	1100	—	37	—	970	2685
31	SAJO ALEXANDRIA	2014	79,56	14,50	8,45	5,7	2177	1731	29	15,1	1806	3310
32	FRIESLAND	2004	77,82	14,30	8,80	6,7	2437	—	28	—	1905	3310

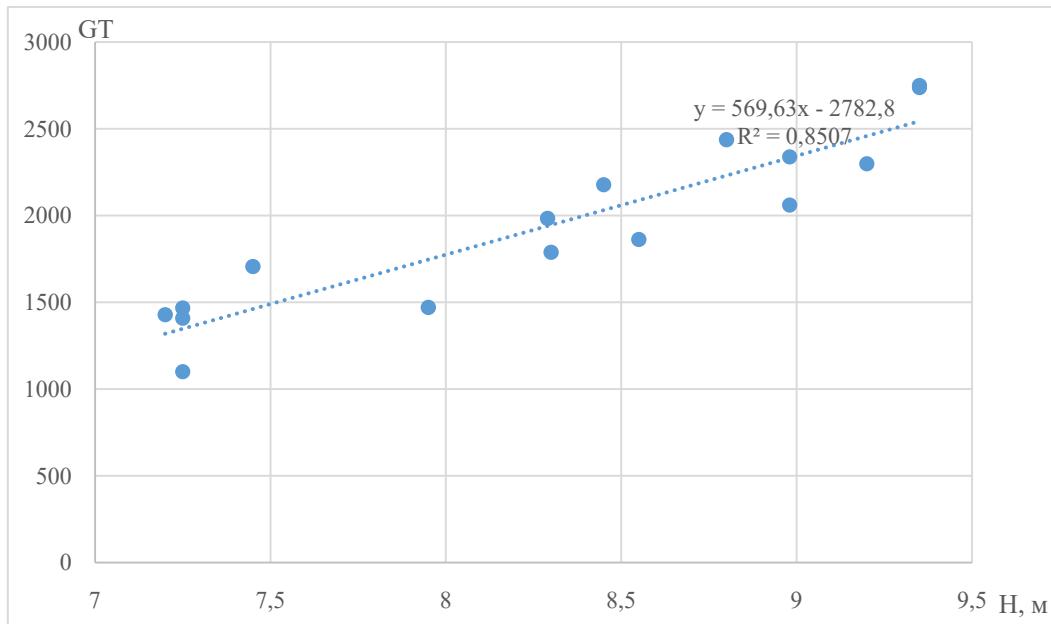


Рис. 2. Линейная зависимость изменения валовой вместимости (GT) от высоты борта судна (H)

Fig. 2. Linear dependence of the change in gross tonnage (GT) on side height (H)

Также в ходе анализа была выявлена зависимость изменения мощности N от скорости Vs судна (рис. 3).

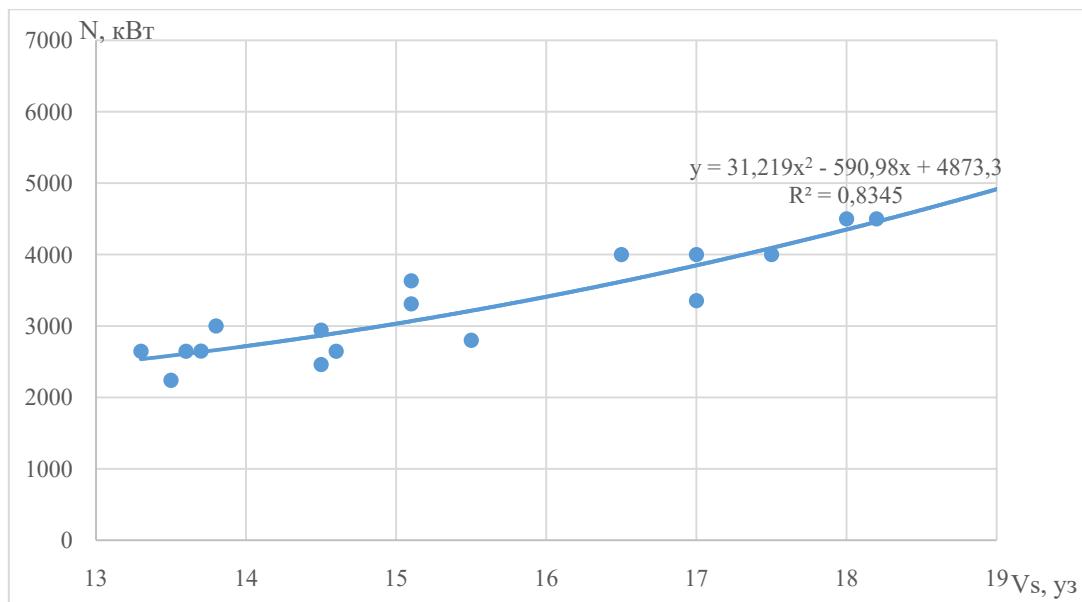


Рис. 3. Зависимость изменения мощности (N) от скорости (Vs) судна
 Fig. 3. Dependence of power (N) change on vessel speed (Vs)

Для более детального анализа были выполнены некоторые расчеты на основе полученных данных по судам. Так как валовая вместимость выражается в регистровых тоннах, то для получения безразмерного соотношения предвари-

тельно произведена конвертация с коэффициентом 2,83. Результаты вычислений представлены в табл. 3.

Таблица 3. Расчет параметров современных тунцеловных сейнеров
 Table 3. Calculation of parameters of modern tuna seiners

№ п/п	Наименование судна	L/B	B/T	L/T	B/H	H/T	$Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}}$	V_{rp}/GT
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ATERPE ALAI C745	6,22	2,11	13,13	1,53	1,38	0,316	0,236
2	ÍZARO	6,18	2,11	13,04	1,53	1,38	0,317	0,245
3	LJUBICA	6,22	2,11	13,13	1,53	1,38	0,313	0,257
4	Euskadi Alai	6,36	2,00	12,71	—	—	—	0,241
5	PS 80-1620/1800	5,60	—	—	1,54	—	0,304	—
6	PS 90-1900/2150	6,21	—	—	1,60	—	0,303	—
7	Glénan	6,09	1,84	11,21	—	—	0,313	0,229
8	PS 50-600/760	4,54	—	—	1,44	—	0,314	—
9	Morn Seselwa	5,60	2,18	12,23	1,54	1,42	0,285	0,234
10	PS 80-1780/1960 Advanced	5,60	—	—	1,54	—	0,313	—
11	franche terre	6,21	2,13	13,24	—	—	0,303	0,195
12	TUNA FREEZER PURSE SEINER'	4,92	—	—	—	—	0,305	—
13	MOAKONA	5,29	2,43	12,89	1,68	1,45	0,312	0,298
14	SHILLA SPRINTER	4,89	—	—	1,71	—	0,325	0,180
15	SHILLA HARVESTER	4,89	—	—	1,71	—	0,325	0,180
16	SHILLA PIONEER	4,87	—	—	1,71	—	0,325	0,188
17	SHILLA EXPLORER	4,87	—	—	1,68	—	0,367	0,188
18	WIN WIN 707	5,84	—	—	1,72	—	0,266	0,406
19	SOUTHERN SEAS NO.302	5,66	2,66	15,06	1,72	1,54	0,259	0,226
20	JIH YU NO.568	5,84	2,84	16,60	1,72	1,66	0,258	0,385
21	HSIEH FENG NO.789	5,88	2,54	14,96	1,69	1,50	0,283	0,397
22	HSIEH FENG NO.788	5,88	2,54	14,96	1,69	1,50	0,279	0,397
23	FONG KUO NO.866	5,93	—	—	1,69	—	—	0,486
24	FONG KUO NO.828	5,74	—	—	1,70	—	0,268	0,412
25	FONG KUO NO.688	5,88	—	—	1,69	—	0,269	0,366
26	WIN POWER NO.707	5,38	—	—	1,77	—	0,255	0,324
27	BONAMI	5,50	—	10,64	1,70	1,14	0,277	0,373
28	WAKABA MARU NO.7	6,08	2,34	14,21	1,57	1,49	—	0,385
29	HAKKO MARU NO.35	4,94	2,02	9,96	1,62	1,24	0,354	0,309
30	DOLORES 873	5,74	2,67	15,35	1,70	1,58	—	0,312
31	SAJO ALEXANDRIA	5,49	—	13,96	1,72	1,48	0,278	0,293
32	FRIESLAND	5,44	—	11,61	1,63	1,31	—	0,276

Примечание. L – длина судна; B – ширина судна; H – высота борта; T – осадка судна; Fr – число Фруда; GT – валовая вместимость судна; V_{rp} – грузовместимость.

В результате обработки статистических данных по тунцеловным судам и последующего анализа были получены диапазоны изменения величин, представленные в табл. 4.

Таблица 4. Диапазоны изменения параметров современных тунцеловных сейнеров
 Table 4. Ranges of change of parameters of modern tuna seiners

Характеристика	Диапазон изменения
Длина, м	61,0–90
Ширина, м	12,2–15,1
Высота борта, м	7,2–9,4
Скорость, узл.	13,3–19,2
Грузовместимость, м ³	900–2150
L/B	4,87–6,22
B/H	1,44–1,77
H/T	1,14–1,66
L/T	10,0–16,6
$Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}}$	0,255–0,367
V _{рп} /GT	0,180–0,412

Вышеуказанные результаты позволяют вести дальнейшие проектные работы в более узком диапазоне, то есть являются граничными условиями при будущем решении задачи проектирования.

Основываясь на полученных результатах, приведенных в табл. 2–4, информации из табл. 1 источника [12], а также данных из [13], [14], следует отметить, что даже при схожих главных размерениях грузовместимость зарубежных судов (как построенных в XX в., так и современных) значительно превышает грузовместимость отечественных судов, построенных в СССР. Пример сравнения проектов судна типа «Тибия», тунцеловного сейнера типа «Joturo» и PS 50-600/760 представлен в табл. 5. Это свидетельствует о нецелесообразности использования отечественных судов в качестве прототипа при создании нового конкурентоспособного тунцеловного судна.

Таблица 5. Сравнение характеристик аналогичных по габаритам судов
 Table 5. Comparison of characteristics of vessels of similar dimensions

Наименование судна	Страна	Год постройки	Длина, м	Ширина, м	Высота борта, м	Грузовместимость, м ³
Пр.1348 типа «Тибия»	СССР	1986	55,53	11,1	7,50	361
Проект «Joturo»	Испания	1966	55,33	9,10	4,25	509
Проект PS 50-600/760	—	—	49,90	11,0	7,65	760

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА

Архитектурный конструктивный тип (АКТ) судна включает в себя такие характеристики, как количество и назначение палуб, надстроек, рубок, мачт, гребных валов, положение машинного отделения по длине судна, формы оконечностей [15].

Анализ современных тунцелотов позволил вывести общие характеристики АКТ судов данного типа. На примере рис. 4 и 5 (типовые представители современных судов с точки зрения АКТ) можно выделить такие конструктивные особенности: форма оконечности судна – реверсивная транцевая крма и наклонный форштевень с бульбовым носом; развитая надстройка, располагающаяся в носовой части судна на удлиненном баке; одновальный двигательно-двигательный комплекс с машинным отделением, расположенным в кормовой части судна; в средней части судна располагается массивное (развитое) мачтовое устройство для удобства проведения промысловых операций.

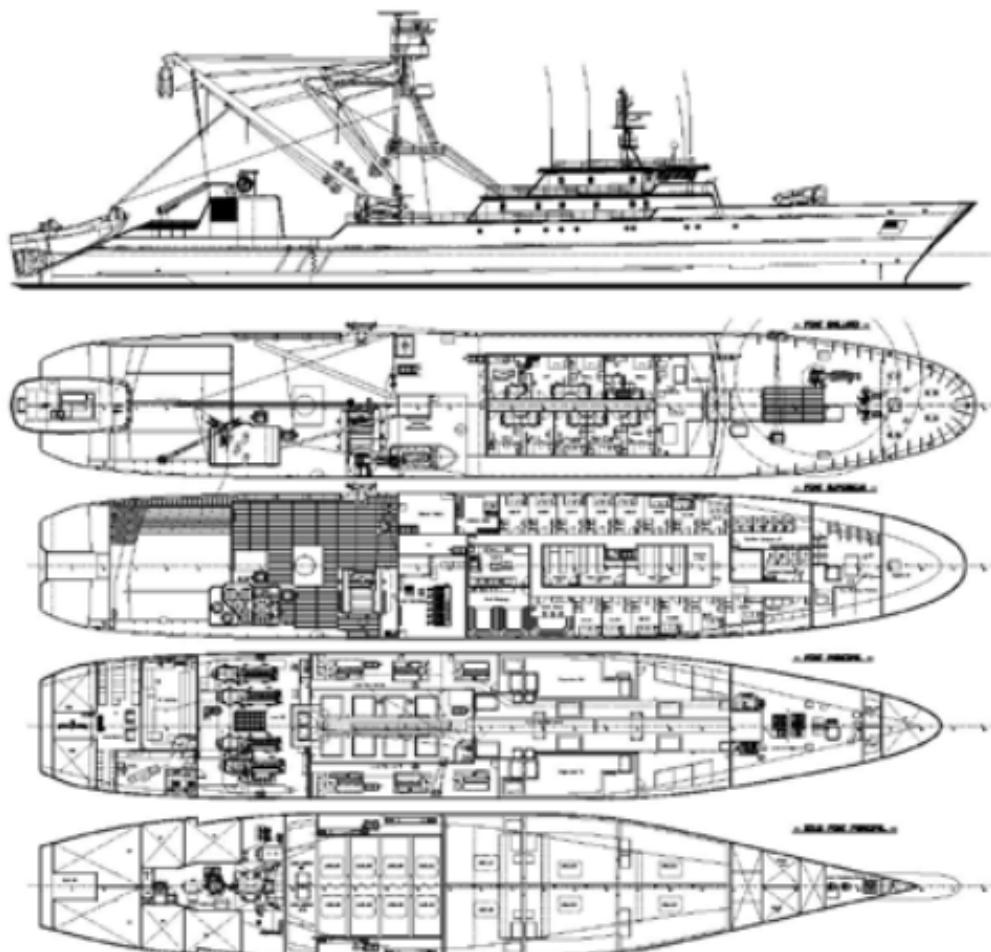


Рис. 4. Тунцеловое судно «FRANCHE TERRE»

Fig. 4. Tuna vessel «FRANCHE TERRE»

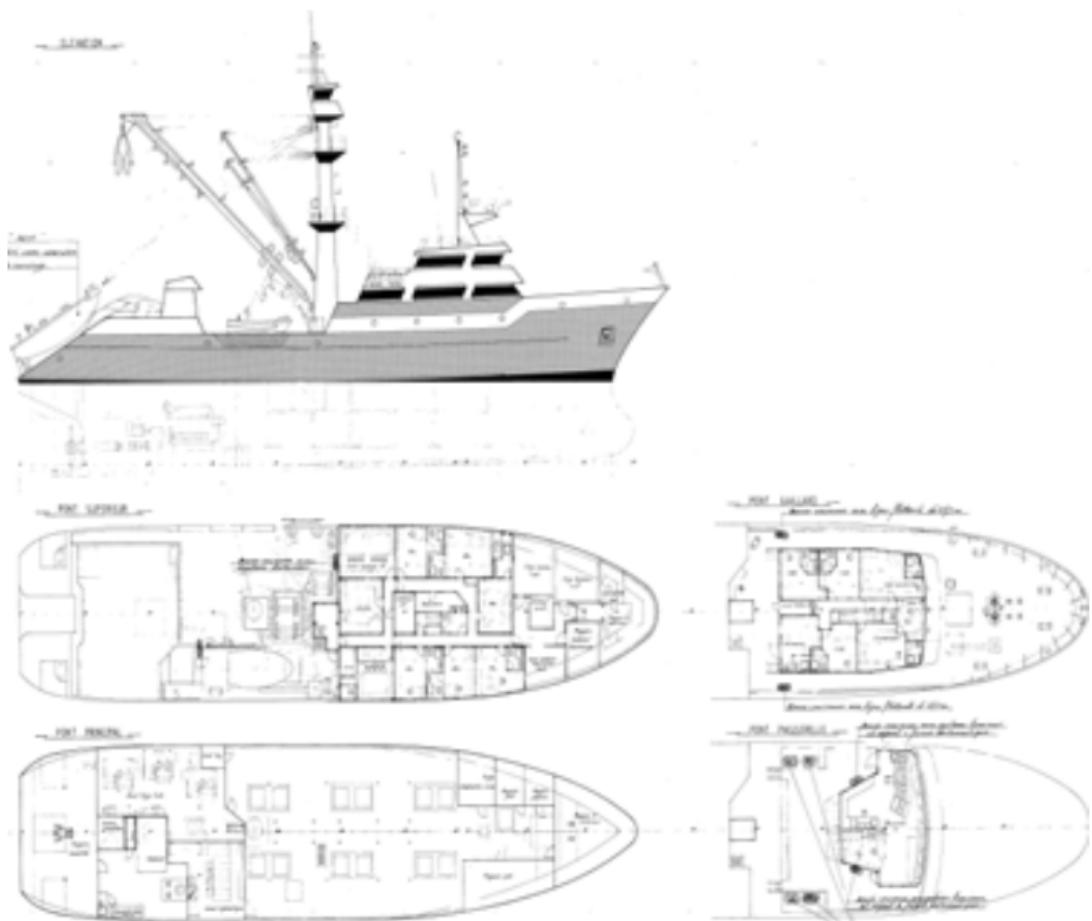


Рис. 5. Тунцеловное судно «TUNA FREEZER PURSE SEINER»

Fig. 5. Tuna vessel «TUNA FREEZER PURSE SEINER»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований авторы установили диапазоны изменений основных характеристик современных тунцеловных судов для работы в открытых морях и океанах. Данные результаты целесообразно использовать в качестве граничных условий при решении задачи проектирования нового судна на последующих стадиях разработки проекта.

Применение отечественных проектов тунцелотов в качестве прототипов при создании новых конкурентоспособных судов нерационально из-за неэффективного использования судовых объемов под перевозку груза.

Целесообразно принять следующий архитектурный конструктивный тип нового судна: стальное сварное одновинтовое судно-сейнер с реверсивной транцевой кормой, носовой оконечностью с бульбовой наделкой и наклонным форштевнем; надстройкой, смещенной в нос от миделя, располагающейся на удлиненном баке; машинное отделение смешено в корму от миделя.

Список источников

1. Белкин С. И. Концепция возрождения российского тунцеловного промысла // Рыбное хозяйство. Спецвыпуск. 2001. С. 26–28.
2. Access to ICCAT statistical databases. URL: <https://www.iccat.int/en/accesingdb.html> (дата обращения: 28.06.2024).
3. О федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы: Постановление правительства Рос. Федерации от 21.02.2008 № 103. URL: <https://base.garant.ru/192907/> (дата обращения: 28.06.2024).
4. ОКР «Тунцелов». URL: <https://rgmt.spb.ru/catalog/upload/files/Tuncelov.pdf> (дата обращения: 28.06.2024).
5. Развитие российского рыболовного промысла в открытых и удаленных районах Мирового океана: проблемы и перспективы. URL: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/79449/> (дата обращения: 28.06.2024).
6. Маркетинговое исследование мирового рынка консервированного тунца. URL: <https://vigorconsult.ru/about/keysyi/marketingovoe-issledovanie-mirovogo-ryinka-konservirovannogo-tuntsa/> (дата обращения: 28.06.2024).
7. Атлантические тунцы: возможно ли возобновление промысла Россией в современных условиях? URL: <http://atlant.vniro.ru/index.php/novosti2/item/799-atlanticheskie-tuntsy-vozmozhno-li-vozobnovlenie-promysla-rossiej-v-sovremennykh-usloviyakh> (дата обращения: 28.06.2024).
8. Tuna Purse Seiners. URL: https://www.piriou.com/en/produit_types/fishing/tuna-purse-seiners-en/ (дата обращения: 28.06.2024).
9. Fishing vessels Zamakonayard. URL: <https://www.zamakonayards.com/en/fishing-vessels/> (дата обращения: 28.06.2024).
10. WCPFC Record of Fishing Vessels. URL: https://vessels.wcpfc.int/browse-rfv?flag_in_use=All&submitted_by_ccm_party_type=All&vessel_type_in_use=15&combine_vessel_names=&vsl_ircs=&vsl_win=&vsl_vslo_vessel_id=&vslo_imo_number=&vsl_highseas_transAuthorized=All&vsl_fgt_id_vsl_fgt_id_verf=All (дата обращения: 28.06.2024).
11. Projects MARCO. URL: <https://www.marcosolutions.com/en/projects?f=471> (дата обращения: 28.06.2024).
12. Дятченко С. В., Лукьянова О. О. Определение основных элементов и характеристик тунцеловного судна на ранних стадиях его проектирования // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 4. № 4 (54). С. 29–33.
13. Дектярев А. В., Уков О. В. Применение зарубежного опыта проектирования тунцеловных судов на современных отечественных судостроительных предприятиях // Вестник молодежной науки. 2018. № 2 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-zarubezhnogo-opyta-proektirovaniya-tuntselovnyh-sudov-na-sovremennyh-otechestvennyh-sudostroitelnyh-predpriatiyah> (дата обращения: 28.06.2024).
14. Флот рыбной промышленности: справочник типовых судов. Москва: Транспорт, 1990. 384 с.
15. Раков А. И., Севастьянов Н. Б. Проектирование рыболовных судов: учебник. Ленинград: Судостроение, 1981. 376 с.

References

1. Belkin S. I. Kontseptsiya vozrozhdeniya rossiyskogo tuntselovnogo promysla [The concept of reviving Russian tuna fishery]. *Rybnoye khozyaystvo. Spetsvypusk*, 2001, pp. 26–28.
2. Access to ICCAT statistical databases. Available at: <https://www.iccat.int/en/accesingdb.html> (accessed 28 June 2024).
3. O federal'noy tselevoy programme "Razvitiye grazhdanskoy morskoy tekhniki" na 2009–2016 gody: Postanovleniye pravitel'stva Ros. Federatsii ot 21.02.2008 № 103. Available at: <https://base.garant.ru/192907> (accessed 28 June 2024).
4. OKR "Tuntselov" [R&D work "Tuna vessel"]. Available at: <https://rgmt.spb.ru/catalog/upload/files/Tuncelov.pdf> (accessed 28 June 2024).
5. Razvitie rossiyskogo rybolovnogo promysla v otkrytykh i udalennykh razyonakh Mirovogo okeana: problemy i perspektivy [Development of Russian fishing in open and remote areas of the World Ocean: problems and prospects]. Available at: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/79449/> (accessed 28 June 2024).
6. Marketingovoye issledovaniye mirovogo rynka konservirovannogo tuntsa [Marketing research of the global canned tuna market]. Available at: <https://vigorconsult.ru/about/keysyi/marketingovoe-issledovanie-mirovogo-ryinka-konservirovannogo-tuntsa/> (accessed 28 June 2024).
7. Atlanticheskie tuntsy: vozmozhno li vozobnovlenie promysla Rossiey v sovremennykh usloviyakh? [Atlantic tunas: is it possible for Russia to resume fishing under modern conditions?]. Available at: <http://atlant.vniro.ru/index.php/novosti2/item/799-atlanticheskie-tuntsy-vозможна ли возобновление промысла россии в современных условиях> (accessed 28 June 2024).
8. Tuna Purse Seiners. Available at: https://www.piriou.com/en/produit_types/fishing/tuna-purse-seiners-en/ (accessed 28 June 2024).
9. Fishing vessels Zamakonayard. Available at: <https://www.zamakonayards.com/en/fishing-vessels/> (accessed 28 June 2024).
10. WCPFC Record of Fishing Vessels. Available at: https://vessels.wcpfc.int/browse-rfv?flag_in_use>All&submitted_by_ccm_party_type=All&vessel_type_in_use=15&combine_vessel_names=&vsl_ircs=&vsl_win=&vsl_vslo_vessel_id=&vslo_imo_number=&vsl_highseas_transAuthorized=All&vsl_fgt_id_vsl_fgt_id_verf=All (accessed 28 June 2024).
11. Projects MARCO. Available at: <https://www.marcosolutions.com/en/projects?f=471> (accessed 28 June 2024).
12. Dyatchenko S. V., Lukyanova O. O. Opredelenie osnovnykh elementov i kharakteristik tuntselovnogo sudna na rannikh stadiyakh ego proektirovaniya [Determination of the main elements and characteristics of a tuna vessel in the early stages of its design]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2021, vol. 4, no. 4, pp. 29–33.
13. Dektyarev A. V., Ukolov O. V. Primeneniye zarubezhnogo opyta proyektirovaniya tuntselovnykh sudov na sovremennykh otechestvennykh sudostroitel'nykh predpriyatiyakh [Application of foreign experience in designing tuna fishing vessels at modern domestic shipbuilding enterprises]. *Vestnik molodezhnay nauki*, 2018, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-zarubezhnogo-opyta-primeneniya-zarubezhnogo-opyta-proyektirovaniya-tuntselovnykh-sudov-na-sovremennykh-otchestvennykh-sudostroitel'nykh-predpriyatiyakh>

proektirovaniya-tunselovnyh-sudov-na-sovremennoy-otechestvennyh-sudostroitelnyh-predpriyatiyah (accessed 28 June 2024).

14. *Flot rybnoy promyshlennosti: spravochnik tipovykh sudov* [Fishing fleet: handbook of standard vessels]. Moscow, Transport Publ., 1990, 384 p.

15. Rakov A. I., Sevast'yanov N. B. *Proektirovanie promyslovykh sudov: uchebnik* [Designing fishing vessels: students' book]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1981, 376 p.

Информация об авторах

О. О. Лукьянова – аспирант кафедры судостроения, судоремонта и морской техники

А. А. Мушенков – аспирант кафедры судостроения, судоремонта и морской техники

Е. А. Чуреев – директор Научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО «КГТУ»

Information about the authors

O. O. Lukyanova – PhD student of the Department of Shipbuilding, Ship Repair and Marine Engineering.

A. A. Mushenkov – PhD student of the Department of Shipbuilding, Ship Repair and Marine Engineering

E. A. Chureev – Director of the Scientific Research Center of Shipbuilding at KSTU

Статья поступила в редакцию 01.08.2024; одобрена после рецензирования 07.08.2024; принята к публикации 10.09.2024.

The article was submitted 01.08.2024; approved after reviewing 07.08.2024; accepted for publication 10.09.2024.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ КГТУ»

Общие требования

Журнал бесплатно публикует оригинальные неопубликованные ранее статьи, удовлетворяющие критериям высокого научного качества по научным направлениям: естественно-научные и математические, биологические и сельскохозяйственные, технические, экономические науки, промышленное рыболовство. Автор (авторы) несет ответственность за достоверность результатов исследования и гарантирует, что им не нарушены авторские права третьих лиц, что в тексте статьи нет некорректных или незаконных заимствований.

Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неприемлемы. Наличие заимствования без ссылки будет рассматриваться редакционным советом как плагиат.

Не разрешается дублирование публикаций. Направляя статью в журнал, автор подтверждает, что работа публикуется впервые. Если отдельные элементы рукописи были ранее опубликованы, автор обязан сослаться на более раннюю работу и указать отличия новой работы от предыдущей.

Нельзя присыпать в журнал рукопись, которая была отправлена в другой журнал и находится на рассмотрении, а также статью, уже опубликованную в другом журнале.

Соавторами статьи должны быть указаны все лица, внесшие существенный вклад в проведение исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании, максимальное количество авторов, как правило, не более четырех.

Автор самостоятельно или в соавторстве может представить в номер не более одной статьи с соответствующей коммуникативной ценностью, научным стилем, языковыми и стилистическими нормами.

Научные статьи принимаются в редакцию в течение всего года, публикуются в порядке живой очереди по мере наполнения портфеля редакции. Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения рукописи. Рукописи статей, принятых к публикации, авторам не возвращаются. Периодичность выхода журнала: 1 февраля, 1 мая, 1 августа, 1 ноября.

В редакцию журнала авторы представляют:

– **распечатку рукописи** и ее электронную версию. Текст рукописи должен полностью соответствовать тексту электронного варианта, страницы не нумеруют;

– **экспертное заключение** о возможности открытого опубликования статьи (иногородние могут выслать электронной почтой).

В дальнейшем с автором заключается **Лицензионный договор** и оформляется **Акт передачи – приемки рукописи**.

Внешнюю или внутреннюю рецензию доктора наук представлять не обязательно, так как каждая статья проходит двойное слепое рецензирование, рукопись рассматривается двумя независимыми экспертами. В случае отрицательной рецензии рукопись либо отклоняется, либо направляется автору для доработки и внесения изменений. После доработки статья снова отправляется на научное рецензирование тем же рецензентам. При наличии отрицательных рецензий на рукопись статьи от двух разных рецензентов или одной отрицательной рецензии на ее доработанный вариант автору направляется мотивированный отказ в публикации статьи. В случае положительной рецензии и рекомендации статьи к публикации она попадает в портфель принятых к публикации текстов.

Датой принятия статьи к публикации считается дата получения редакцией положительного заключения рецензента о целесообразности и возможности опубликования статьи. Статьи членов редсовета журнала проходят рецензирование в обычном порядке.

Объем статьи

Составляет от восьми до четырнадцати страниц текста, включая рисунки, таблицы, список литературы и информацию об авторах.

Компьютерный набор статьи

Должен удовлетворять следующим требованиям: формат бумаги – А4, гарнитура шрифта – Times New Roman, кегль 12, ориентация – книжная, поля сверху, слева, справа – 3 см, снизу – 3,5 см; абзац с отступом Tab. 1,27; межстрочный интервал – одинарный. Материалы должны быть оформлены с применением средств Microsoft Office 2003 (расширение текстового файла *.doc).

При наборе текста не допускается применять стили при формировании текста, вносить изменения в шаблон или создавать свой для формирования текста, ставить пробелы перед знаками препинания, применять любые разрядки слов. Необходимо слова внутри абзаца разделять одним пробелом, набирать текст без принудительных переносов, установить автоматическую расстановку переносов.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа, при этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз слева (без отступа) над первой частью таблицы, после номера ставят точку, следом с прописной идет название таблицы, точку в конце не ставят. Таблица должна быть вставлена автоматически (через «Таблица: Добавить таблицу»). Название таблицы дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Таблица 1. Table 1.).

Рисунки. Допускаются черно-белые и цветные четкие рисунки, выполненные средствами компьютерной графики или сканированные. Рисунки

могут быть введены в текст статьи или выполнены в виде отдельных графических файлов. В последнем случае необходимо указать место расположения рисунка, написав на полях рукописи после абзаца, в котором он впервые упоминается: Рис. 1. и т. д. Все рисунки должны быть пронумерованы (Рис. 1. и т. д.) и иметь подрисуночные подписи. Номер рисунка и подрисуочная подпись располагаются под рисунком. Название рисунка дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Рис. 1. Fig. 1.). Точка в конце подрисуочной подписи не ставится.

Все обозначения на рисунке должны соответствовать обозначениям в тексте. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны. Ширина рисунка не должна быть больше ширины полосы набора текста.

Если в статье один рисунок или одна таблица, они не нумеруются.

Не допускается заканчивать статью рисунком или таблицей.

Все рисунки и таблицы должны быть читаемы и расположены по центру полосы набора.

Формулы. Все формулы набираются в формульном редакторе, нумеруются, на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой после ссылки с отступом два Тав. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается вправо. При наборе формул рекомендуется использовать следующие кегли шрифтов: основной – 11; крупный индекс – 7; мелкий индекс – 5; крупный символ – 14; мелкий символ – 10. Гарнитура шрифта Times New Roman. Для набора математических формул используют буквы латинского алфавита (светлый курсив), греческого алфавита (светлый прямой шрифт) и готический шрифт (светлый прямой). Индексы формул, обозначенные буквами латинского алфавита, набирают курсивом (m_i – масса i -го элемента), а обозначенные буквами русского алфавита – прямым шрифтом (l_p – длина разбега; $V_{\text{пос}}$ посадочная скорость). Сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (кВт, Ф/м, В/м) – светлым прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны светлым прямым шрифтом. Прямым шрифтом набирают также некоторые математические обозначения (\sin , \tg ; \max , \min ; const ; \log , \det , \exp и т. д.). Векторные величины следует обозначать жирным курсивом, а не надсимвольной чертой: e не \bar{e} . Перенос в формулах допускается делать в первую очередь на знаках (=, », <, > и др.), во вторую очередь – на отточии (...), на знаках сложения и вычитания (+, –), в последнюю – на знаке умножения в виде косого креста \times . Перенос на знаке деления не допускается. Математический знак, на котором разрывается формула при переносе, обязательно должен быть повторен в начале второй строки. При переносе формул нельзя отделять выражения, содержащиеся под знаком интеграла, логарифма, суммы, произведения, от самих знаков. Небольшие формулы, не имеющие самостоятельного значения, набираются внутри строк текста. Все нумерованные формулы набирают отдельными строками. Отбивка до $\frac{a}{b}$ и после строки с формулой в этом случае – 6 пунктов. Вместо выражения вида $\frac{a}{b}$ рекомендуется писать a/b . Отдельные элементы математических формул,

вынесенные в текст, набираются по приведенным выше правилам (прямой шрифт в формуле – прямой шрифт в тексте, курсив в формуле – курсив в тексте).

Химические символы (Ag, Cu) набирают прямым шрифтом. Для набора рекомендуется использовать редактор Chem Window.

Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ по ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.

Все аббревиатуры в тексте должны быть расшифрованы. Разрешаются лишь общепринятые сокращения названий мер, физических, химических и математических величин.

Структура статьи

ВВЕДЕНИЕ (по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый, далее через один интервал текст). Приводится актуальность темы исследования, его цели и задачи, на их основе дается анализ полученных материалов, доказывается целесообразность методологического подхода к рассматриваемым в статье проблемам.

Через один интервал **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ** (постановка задачи, методы и результаты исследования, их обсуждение – по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый, через один интервал текст). Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание.

Материалы и методы исследования описываются кратко и конкретным образом. В разделе должны быть представлены объект исследования и все методы, использованные при его проведении, показаны их суть и обоснованный выбор. При необходимости приводить примеры ключевых исследований.

Результаты и их обсуждение: в разделе должны быть представлены основные результаты исследования, объективные, систематизированные и лаконичные данные с использованием текста, дополненного иллюстрациями. Автор(ы) показывает значимость или новизну исследования, акцентирует внимание на выявленных закономерностях, дает конкретные рекомендации.

Через один интервал **ЗАКЛЮЧЕНИЕ** (выводы – по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый, далее через один интервал текст): представить кратко и информативно. В этом разделе формулируются полученные результаты и их новизна. Предложения и рекомендации должны подтвердить достижение целей и задач исследования. Следует указать возможность использования полученных результатов на практике и предложить направления дальнейших научных исследований.

Текст статьи

Должен соответствовать стилистическим, орографическим и синтаксическим нормам русского языка. Содержание направляемой в журнал статьи, все цифровые данные и материалы должны быть тщательно выверены авторами. Низкое качество текста может быть основанием для отклонения статьи от публикации.

Составные части статьи и порядок их следования

1. Научная статья (слева без отступа, с прописной буквы, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).
2. С новой строки индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) слева без отступа (прописными буквами, шрифт прямой, светлый, без двоеточия после букв, точка в конце не ставится).
3. С новой строки DOI (слева без отступа, прописными буквами, шрифт прямой, светлый точка в конце не ставится).
4. Через один интервал по центру **Название статьи** на русском языке (с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится, выравнивание по центру), должно быть кратким, но информативным.

При публикации статьи частями в нескольких выпусках издания части должны быть пронумерованы, у всех частей следует указывать общее заглавие статьи. Если части имеют, помимо общего, частное заглавие, то его приводят после обозначения и номера части. Пример:

Изучение закономерностей кристаллизации гексагидрата хлорида алюминия из солянокислых растворов. Часть 2. Параметры кристаллизации гексагидрата хлорида алюминия

5. Через один интервал основные сведения об авторе (авторах) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п. (слева без отступа, см. в образце оформления статьи ниже).
6. Через один интервал с отступом приводят слово **Аннотация** (полужирный курсив, в конце ставят точку). Текст аннотации дается в подбор, рекомендуемый объем 200–220 слов.

Представляет собой краткую характеристику текста с точки зрения его назначения, содержания, вида, формы и других особенностей. Она передает главную, ключевую идею текста до ознакомления с его полным содержанием. Научная аннотация условно делится на три части: 1. Презентация вопроса или проблемы, которым посвящена статья. 2. Описание хода исследования. 3. Выводы: итоги, которых удалось достичь в результате проведенного исследования.

Запрещается использовать дословный текст из статьи во избежание повторов, название работы, а также таблицы, графики и внутритекстовые ссылки.

В начале не повторяется название статьи, аннотация не разбивается на абзацы. Аннотация должна быть полноценной и информативной, не содержать общих слов, отражать содержание статьи и результаты исследований, строго следовать структуре статьи. Следует избегать использования вводных слов и оборотов, лишних вводных фраз, например, «автор статьи рассматривает...», не нужно подчеркивать личный вклад автора. Исторические справки, если они не

составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения, в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи, избегать сложных грамматических конструкций. Вводная часть минимальна, место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т. п.). Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2–3 слов заменяют на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры (например, названий учреждений) без расшифровки и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Значения t° в английском варианте обозначают как «*deg C*».

7. С новой строки с отступом приводят **Ключевые слова** (полужирный курсив, в конце двоеточие), они должны максимально точно отражать предметную область статьи (даются в подбор, разделяются запятой, буквы строчные, шрифт прямой, светлый, в конце ставят точку).

8. С новой строки с отступом **Благодарности** (если есть) организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи, проектах, научно-исследовательских работах, в рамках или по результатам которых опубликована статья (см. в образце оформления статьи ниже).

9. С новой строки с отступом могут быть приведены сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи с предшествующим словом **Финансирование:** (после слова ставят двоеточие).

10. С новой строки с отступом приводят библиографическую запись на статью **Для цитирования:** (см. в образце оформления статьи ниже).

Далее все сведения должны быть представлены на английском языке:

11. Original article (через один интервал, слева без отступа, с прописной буквы, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).

12. Через один интервал по центру **Название статьи** на английском языке (с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится, выравнивание по центру).

13. Через один интервал основные сведения об авторе (авторах) – имя и фамилию приводят в транслитерированной форме на латинице полностью, отчество сокращают до одной буквы (в отдельных случаях, обусловленных особенностями транслитерации, до двух букв), см. в образце оформления статьи ниже.

14. Через один интервал с отступом **Abstract**. Недопустимо использование машинного перевода, вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых

аналогов в английском языке (допускается: ВТО – WTO, ФАО – FAO и т. п.). Безличные конструкции переводятся с использованием пассива.

15. С новой строки с отступом **Keywords:** (полужирный курсив, в конце двоеточие), ключевые слова даются в подбор, разделяются запятой, буквы строчные, шрифт прямой, в конце ставят точку).

16. С новой строки с отступом **Acknowledgments** (если есть), после слова ставят двоеточие.

17. С новой строки с отступом **Funding** (если есть), после слова ставят двоеточие.

18. С новой строки с отступом **For citation:** см. в образце оформления статьи ниже.

19. Через один интервал с отступом текст статьи, включающий в себя обязательные структурные элементы (см. структуру статьи).

Нельзя использовать в текстах формулы-картинки и прочие искусственно вставленные символы. Ссылки на все приведенные в списке литературы источники в тексте заключаются в квадратные скобки, например: [2], [4–7] (здесь тире), [1, 18, 25]. Если в тексте есть прямая цитата, заключенная в кавычки, то обязательно должна быть указана страница, на которой эта цитата находится в цитируемом источнике. Например: [7, с. 28]. Ссылки на неопубликованные работы и работы, находящиеся в печати, не допускаются.

20. Через один интервал после текста статьи **Список источников** (по центру с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится). Оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». В список включаются только те работы, на которые автор ссылается в статье. Источники в списке литературы нумеруют и располагают в порядке их упоминания в тексте (в порядке цитирования).

Требования к источникам:

- Не менее 15 источников, из них половина давностью менее 5 лет
- Процент самоцитирования не выше 10–20 %
- Зарубежные публикации, изданные в течение последних 5 лет

Рекомендуется включать ссылки на научные статьи, монографии, сборники статей, сборники конференций, электронные ресурсы с указанием даты обращения, патенты.

Не рекомендуется включать ссылки на учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, ГОСТы и др. нормативные документы, на законы и постановления, а также на архивные документы (если все же необходимо указать такие источники, то они оформляются в виде сносок).

Нежелательны ссылки на диссертации и авторефераты диссертаций (такие ссылки допускаются, если результаты исследований еще не опубликованы, или не представлены достаточно подробно).

21. Через один интервал после списка источников **References** (по центру с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится). Нумерация записей должна совпадать с нумерацией в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.

References представляет собой транслитерированный список литературы. Транслитерируются только источники, написанные кириллицей; французские, немецкие, итальянские, польские и прочие источники не переводятся, а остаются в **References** неизменными.

Для выполнения транслитерации необходимо зайти на сайт <http://translit-online.ru/> и настроить перевод: *e* → *e*; *э* → *e*; *ÿ* → *y*; *ы* → *y*; *ю* → *yu*; *я* → *ya*; *х* → *всегда kh*; *ц* → *ts*; *ч* → *ch*; *ш* → *sh*; *щ* → *shch*; *ж* → *zh*; *ь* → *'*; *ъ* → *"*. Транслитерированный текст в списке **References** необходимо отредактировать и добавить переводы на английский язык; заменить знаки «*:*», «*/*» и «*//*» на точку или запятую, тире в описании не используется, кавычки не треугольные (""); после транслитерации названия издательства добавить *Publ.*; город издания перевести на английский язык (например, вместо *Москва* указать *Moscow*, вместо *Санкт-Петербург – Saint-Petersburg*); исправить обозначение страниц с *s.* на *p.* (диапазон страниц «от–до»: *pp. 54–57*; общее количество страниц: *127 p.*); курсивом выделить название источника или название журнала (образец оформления см. ниже).

22. Через один интервал дополнительные сведения об авторе (авторах), инициалы разделяют пробелом (слева без отступа, дублируют на английском языке: ученая степень, звание, должность и др. (см. в образце оформления статьи ниже).

23. Сведения о дате поступления рукописи в редакцию, дате одобрения после рецензирования и дате принятия статьи к опубликованию.

24. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.0.1 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (авторов) или других правообладателей и года публикации статьи.

Образцы оформления списка источников

Монография

1. Агеев В. В. Грузопассажирские суда в военных конфликтах: монография. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. 106 с.
2. Ториков В. Е., Мельникова О. В., Ториков В. В. Выращивание ярового ячменя на крупяные, пивоваренные и кормовые цели на юго-западе Центрального региона России: монография. Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 90 с.

Книга

Книга одного – трех авторов

1. Новикова А. М. Универсальный экономический словарь. Москва: Экономика, 1995. 135 с.
2. Сидоркина А. Н., Сидоркин В. Г. Биохимические аспекты травматической болезни и ее осложнений. Москва: ЭкоТрендз, 2010. 315 с.
3. Тарасевич Л. С., Гребенников П. И., Леусский А. И. Макроэкономика: учебник. Москва: Высш. образование, 2011. 658 с.
4. Максименко В. Н., Афанасьев В. В., Волков Н. В. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи / под ред. О. Б. Макаревича. Москва: Горячая линия-Телеком, 2009. 360 с.

Книга четырех и более авторов

Описание начинается с основного заглавия. В сведениях об ответственности указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в квадратных скобках сокращения [и др.].

1. Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов [и др.]. Санкт-Петербург: Эксмо, 1996. 496 с.
2. История России в новейшее время: учебник / А. Б. Безбородов, Н. В. Елисеева, Т. Ю. Красовицкая, О. В. Павленко. Москва: Проспект, 2014. 440 с.

Книги, не имеющие индивидуальных авторов

1. Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С. М. Павлова. 2-е изд., доп. Москва: Высшая школа, 1995. 347 с.
2. Правильное питание: справочник. Москва: Эксмо, 2008. 704 с.
3. Кормопроизводство в России: всероссийский сб. науч. ст. Вып. 3. Казань; Санкт-Петербург, 2007. 268 с.

Отдельный том многотомного издания под общим заголовком

1. Пальцев М. А., Аничков М. Н. Патологическая анатомия: в 2 т. Москва: Медицина, 2001. Т. 2, ч. 1. 736 с.

Глава из книги (сборника)

1. Макушин В. Д., Волокитина Е. А. Причины неудач и осложнений при выполнении опорных остеотомий с применением аппарата Илизарова // Лечение врожденного вывиха бедра у взрослых / под ред. В. И. Шевцова, В. Д. Макушкина. Курган, 2004. Гл. 8. С. 372–402.

2. Белоус Н. М. Храня теплую память о прошлом // Великая Отечественная война 1941–1945 гг. в истории моей семьи: сборник статей / под общей редакцией Р. В. Новожеева. Брянск: Изд-во БГАУ, 2015. С. 4–5.

Книги в интернете

Книги одного – трех авторов

1. Карпенков С. Х. Экология: учебник. Электрон. текстовые данные. Москва: Логос, 2014. 400 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/21892>. ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 15.12.2007).

Книги четырех и более авторов

1. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре: учеб. пособие / Л. А. Беклемишева [и др.]; под ред. Д. В. Беклемишева. Электрон. текстовые данные. Изд. 3-е, испр. Санкт-Петербург: Лань, 2008. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/76/> (дата обращения: 15.12.2007).

Статья в журнале

Статья одного – трех авторов

1. Толкачева О. В. Влияние барьерных факторов на стойкость пресервов // Рыбная промышленность. 2006. № 2. С. 14–16.

2. Байдалинова Л. С., Андронова С. В. Перспективы использования растительных антиокислителей для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препаратах полиненасыщенных жирных кислот // Известия Калининградского государственного технического университета. 2013. № 29. С. 74–80.

Статья четырех и более авторов

Описание начинается с основного заглавия. В сведениях об ответственности указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в квадратных скобках сокращения [и др.]

1. Сверхширокополосные сигналы для беспроводной связи / Ю. В. Андреев, А. С. Дмитриев, Л. В. Кузьмин, Т. И. Мохсени // Радиотехника. 2011. № 8. С. 83–90.

2. Клинико-физиологические составляющие врожденной косолапости / Ю. И. Клычкова [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2008. № 3. С. 35–38.

Статья в электронном журнале

1. Белоус Н. А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2024).

Статья, опубликованная в сборниках научных трудов вузов, материалах конференций и семинаров

1. Авдеева Е. В., Евдокимова Е. Б., Заостровцева С. К. Биоразнообразие паразитов рыб и ее особенности в бассейне Вислинского залива (Балтийское море) // I Всерос. науч. интернет-конф. (12 февр. 2013): материалы. Казань, 2013. С. 52–56.

2. Александров Ю. П. Измерение динамической твердости титановых сплавов // Инновации в науке, образовании и бизнесе-2013: XI Междунар. научн. конф. (25–27 сент.): тр.: к 100-летию высш. рыбохоз. образования в России: в 2 ч. Федер. Агентство по рыболовству; ФГБОУ ВПО «КГТУ». Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. Ч. 2. С. 29–32.

Статья на английском или немецком языке

Для иностранных журналов том обозначается *V.* (англ.) или *Bd.* (нем.), страницы – *P.* или *S.*

1. Neurology control of locomotion in *C.Elegans* in modified by a dominant mutation in the GLR-1 ionotropic glutamate receptor / Yi Zheng et al. // Neuron. 1999. V. 24. N 2. P. 347–361.

2. Mank R., Kala H., Strube M. Dastellung und Testung von Polymerpharmaka // Die Pharmazie. Bd. 43. N 10. S. 692–693.

Диссертация или автореферат диссертации

1. Данилов Г. В. Как же быть?: дис. ... канд. экон. наук: 05.13.10: утв. 15.07.02. Москва, 1999. 138 с.

2. Назаров И. Г. Развитие коммуникативной компетентности социальных педагогов села в процессе дополнительного профессионального образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 . Москва, 2002. 24 с.

Переводная книга

1. Себехей В. Теория орбит: ограниченная задача трех тел / пер. с англ. под ред. Г. Н. Дубошина. М.: Наука, 1982. 656 с. [Victor G. Szebehely. Theory of Orbits: the Restricted Problem of Three Bodies. New York: Academic Press, 1967].
2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / пер. с англ. М.: Вильямс, 2006. 1328 с. [Date C. J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. Addison-Wesley, 2003. 1024 p.].

Интернет-ресурс

Конвенция о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2024).

Электронный ресурс локального доступа

1. Смирнов А. И. Информационная глобализация и Россия [Электронный ресурс]: вызовы и возможности. Москва, 2005. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Техника спинальной анестезии [Электронный ресурс] / под ред. Е. М. Шифмана. Москва: ИнтелТек, 2005. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Патентные документы

1. Трехфазный асинхронный электрический двигатель: пат. 2128021 Рос. Федерации. № 2011138279/07 / Беляев Е. Ф., Ташкинов А. А., Цылев П. Н.; заявл. 16.09.11; опубл. 27.03.13. Бюл. № 9. 10 с.
2. Clem P. G., Rodriguez M., Voigt J. A., Ashley C. S. Patent U. S. 6, 231, 666. 2001.

Нормативные документы

1. ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. Введ. 2001-07-01. Москва, 2000. 7 с.
2. Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике: РД 153-34.0-03.298-2001. Введ. с 01.05.2001. Москва, 2002. 91 с.

Официальные документы

1. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федер. закон [принят Гос. Думой 13. 07.2001] // Собрание законодательств РФ. 2001. № 33 (ч. 1). Ст. 3430. С. 127–143.
2. О программе государственных гарантий оказания гражданам Российской Федерации бесплатной медицинской помощи на 2009 год: постановление

Правительства Рос. Федерации от 31.12.2008 № 10407-ТГ // Заместитель гл. врача. 2009. № 2. С. 98–105.

3. Инструкция о санитарно-противоэпидемическом режиме больниц: утв. Минздравом СССР от 23.03.76 № 288 // Справочник старшей (главной) медицинской сестры. Изд. 6-е, Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. С. 378–387.

4. Вопросы системы и структуры федеральных органов исполнительной власти (извлечения): указ Президента РФ от 12.05.2008 № 724 // Здравоохранение. 2008. № 7. С. 135–137.

Образцы оформления References

Монография, книга

1. Shorygin A. A., Kolesnikov A. A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniya ryb Kaspiyskogo morya* [Diet and food relations of fish in the Caspian Sea]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1952, 268 p.

2. Latyshev V. N. *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friktsionnye protsessy pri rezanii metallov* [Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting]. Ivanovo, Ivanovskiy Gos. Univ., 2009.

Статья в журнале

1. Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D.V. Tekhniko-ekonomiceskaya optimizatsiya dizayna gidrorazryva plasta [Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

2. Sokolov L. I. Pitanie sibirskogo osetra Acipenser baerii Brandt r. Leny [Diet of the Siberian sturgeon of the river Lena]. *Voprosy ikhtiolozii*, 1966, vol. 6, iss. 3 (40), pp. 550–560.

Статья в электронном журнале

1. Ivanova A. E. Problemy smertnosti v regionakh Tsentral'nogo federal'nogo okruga [Problems of mortality in regions of the Central Federal Okrug]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2008, no. 2, available at: <http://sotsial'nye.aspekty.ru/content/view/27/50/> (accessed 19 September 2008).

2. Antipova L. V., Storublevtsev S. A., Getmanova A. A. Kollagensoderzhashchie napitki dlya funktsional'nogo pitaniya [Collagen drinks for functional nutrition]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*, 2018, vol. 80, no. 3 (77), available at: <http://vestnik.voronezh.ru/content/view/54/30/> (accessed 19 September 2008).

Статья, опубликованная в материалах конференций

1. Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Особенности проектирования разработки месторождений с применением гидроразрыва пласта [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma “Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol’zovaniya i povysheniya neftegazootdachi”* [Proc. 6th Int. Technol. Symp. “New Energy Saving Subsoil Technologies and the Increasing of the Oil and Gas Impact”]. Moscow, 2007, pp. 267–272.

Статья на английском или немецком языке

Для иностранных журналов том обозначается *V.* (англ.) или *Bd.* (нем.), страницы – *P.* или *S.*

1. Zheng Yi et al. Neurology control of locomotion in *C. Elegans* is modified by a dominant mutation in the GLR-1 ionotropic glutamate receptor. *Neuron*. 1999. V. 24. N 2. P. 347–361.

2. Mank R., Kala H., Strube M. Dastellung und Testung von Polymerpharmaka. *Die Pharmazie*. Bd. 43. N 10. S. 692–693.

Диссертация и автореферат

1. Turkovskaia O. V. *Biologicheskie i tekhnologicheskie aspekty mikrobnoy ochistki stochnykh vod i prirodnnykh ob'ektor ot poverkhnostno-aktivnykh veshchestv i nefteproduktov*. Diss. dokt. biol. nauk [Biological and technical aspects of microbial purification of sewage and nature objects from surface-active substances and oil products. Dis. dr. biol. sci.]. Saint-Petersburg, 2000, 360 p.

2. Dolganova N. V. *Razrabotka ekologicheskikh chistykh tekhnologiy belkovykh kormovykh produktov na osnove vtorichnykh resursov*. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk [Development of ecological pure technologies of protein feeding products on the basis of water resources. Abstract of dis. dr. sci.]. Saratov, 1997, 54 p.

Переводная книга

Timoshenko S. P., Yound D. H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. Ed.: Timoshenko S. P., Iang D. Kh., Uiver U. Kolebaniya v inzhenernom dele. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985, 472 p.).

Интернет-ресурс

Правила цитирования источников [Rules for the citing of sources]. Available at: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (accessed 15 February 2024).

Патентные документы

1. Belyaev E. F., Tashkinov A. A., Tsylev P. N. Trekhfaznyy asinkhronnyy elektricheskiy dvigatel' [Three-phase asynchronous electric motor]. Patent RF, no. 2011138279/07, 2013.
2. Clem P. G., Rodriguez M., Voigt J. A., Ashley C. S. Patent U. S. 6, 231, 666 (2001).

Нормативные документы

1. State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russian).

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ С ОДНИМ АВТОРОМ

Научная статья

УДК

DOI (далее вписывает редакция)

Экология и региональная политика энергосбережения

Сергей Юрьевич Глазьев

Аграрный научный центр «Донской», Ростовская область, Зерноград, Россия,
serg1784@mail.ru, ORCID (при наличии)

В случае, когда автор работает (учится) в нескольких организациях (учреждениях), сведения о каждом месте работы (учебы) указывают после имени автора на разных строках и связывают с именем с помощью цифр:

Александр Васильевич Попов^{1, 2}

¹Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи, Москва, Россия, popov@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1288-7561>

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлена динамика урожайности зерна кукурузы в России и Ростовской области. Определено, что наибольшее количество гибридов кукурузы возделывалось...

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, сортовая структура, сортосемена

Благодарности (если есть): автор выражает благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море (или: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-77-3019).

Финансирование (если есть):

Для цитирования: Глазьев С. Ю. Экология и региональная политика энергосбережения // Известия КГТУ (далее вписывает редакция)

Original article

Ecology and regional energy conservation policy

Sergey Yu. Glaz’ev (транслитерация, см. п. 18 выше)

Agricultural Research Center “Donskoy”, Rostov region, Zernograd, Russia (на английском языке), serg1784@mail.ru, ORCID (при наличии)

Abstract.

Keywords:

Acknowledgments: the author is grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea (or: the work was carried out within the framework of project Nr 17-77-30019 supported by Russian Science Foundation).

Funding (если есть):

For citation: Glaz’ev S. Yu. Ecology and regional energy conservation policy. *Izvestiya KGTU = KSTU News* (далее вписывает редакция).

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

References

Информация об авторе

С. Ю. Глазьев – доктор экономических наук, профессор, академик Российской академии наук

Information about the author

S. Yu. Glaz’ev – Doctor of Science (Economy), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию; одобрена после рецензирования; принята к публикации (дату вписывает редакция)

The article was submitted; approved after reviewing; accepted for publication

В конце указывают номер телефона автора, с которым можно снять вопросы по тексту. Телефон не будет опубликован.

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ С НЕСКОЛЬКИМИ АВТОРАМИ

Научная статья

УДК

DOI (далее вписывает редакция)

Дистанционное высшее образование в условиях самоизоляции и проблема институциональных ловушек

Владимир Викторович Вольчик¹, Игорь Михайлович Ширяев²

^{1, 2}Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

¹volchik@sfedu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0027-3442> (если есть)

²shiryaev@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1820-8710> (если есть)

Возможно приведение электронного адреса только одного автора, с которым планируется переписка. В этом случае электронные адреса других авторов приводят в дополнительных сведениях об авторах в конце статьи.

Аннотация. В целях определения основных закономерностей возникновения и усиления институциональных ловушек, возникающих в условиях режима самоизоляции в системе высшего образования, авторами были проанализированы нарративы и глубинные интервью основных акторов. Дистанционное образование не является полноценной заменой образования в традиционной форме, затрудняет передачу неявного знания, контроль и обратную связь при обучении, неоднозначно влияет на издержки образовательной деятельности, не позволяет полагаться на надежность информационно-коммуникационных технологий...

Ключевые слова: экономика, управление народным хозяйством, институциональная экономика, дистанционное образование, цифровизация образования, высшее образование, самоизоляция, институциональные ловушки

Благодарности (если есть): авторы выражают благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море (или: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-77-3019).

Финансирование (если есть):

Для цитирования: Вольчик В. В., Ширяев И. М. Дистанционное высшее образование в условиях самоизоляции и проблема институциональных ловушек // Известия КГТУ (далее вписывает редакция)

Original article

Distant higher education under self-isolation and the problem of institutional traps

Vladimir V. Volchik¹, Igor' M. Shiryaev² (транслитерация, см. п. 18 выше)

^{1, 2}Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

¹volchik@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0027-3442> (если есть)

²shiryaev@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1820-8710> (если есть)

Abstract. To determine the main patterns of emergence and strengthening of institutional traps that arise under self-isolation in the higher education system, the authors analyzed the narratives and in-depth interviews of the main actors. Distance education is not a full-fledged substitute for the traditional education, as it impedes the transfer of implicit knowledge, control and feedback during training, ambiguously influences the costs of educational activities, and does not allow relying on the reliability of information and communication technologies. Transition to distant education can be interpreted as a new stage of evolution of the institutional trap of electronization and digitalization.

Keywords: economics, national economy management, institutional economics, distance education, digitalization of education, higher education, self-isolation, institutional traps

For citation: Volchik V. V., Shiryaev I. M. Distant higher education under self-isolation and the problem of institutional traps. Current Problems of Economics and Law. 2020;14(2):236-248. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.2.235-248>.

Acknowledgments: the author is grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea (or: the work was carried out within the framework of project Nr 17-77-30019 supported by Russian Science Foundation).

Funding (если есть):

For citation: Volchik V. V., Shiryaev I. M. Distant higher education under self-isolation and the problem of institutional traps. *Izvestiya KGTU = KSTU News* (далее вписывает редакция).

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

References

Информация об авторах

В. В. Вольчик – доктор социологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Политология»

И. М. Ширяев – доктор социологических наук, профессор

Information about the authors

V. V. Volchik – Doctor of Science (Sociology), Professor, Head of the Department of Politology

I. M. Shiryaev – Doctor of Science (Sociology), Professor

Статья поступила в редакцию; одобрена после рецензирования; принятая к публикации (дату вписывает редакция)

The article was submitted; approved after reviewing; accepted for publication

В конце указывают номер телефона автора, с которым можно снять вопросы по тексту. Телефон не будет опубликован.

Адрес редакции:

236022, г. Калининград, Советский проспект, 1,
Калининградский государственный технический университет

Тел. (4012) 99-59-74

E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru
<http://klgtu.ru/science/magazine/index.php>

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор),
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47915
от 22.12.2011 г.

Подписной индекс 83871 в Объединенном каталоге «Пресса России»,
цена свободная

Редактор С. В. Супрунова

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Лицензия № 05609 от 14.08.2001
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1

Подписано в печать 28.10.2024. Выход в свет 01.11.2024. Формат 60 x 88 (1/8).
Печ. л. 17. Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз. Заказ № 81 .