

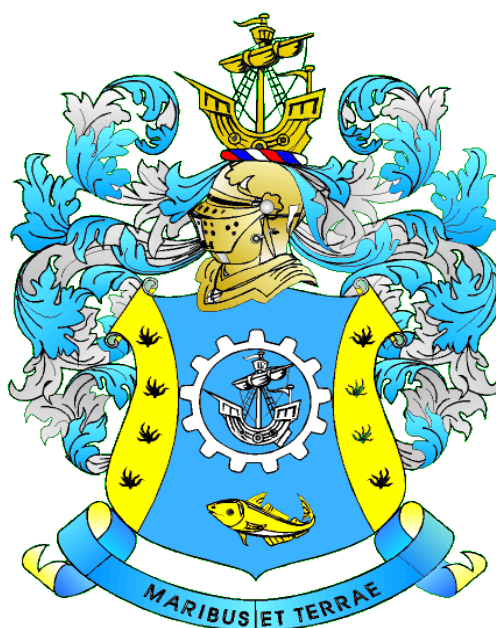
ИЗВЕСТИЯ КГТУ

2025

№ 77

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. Нанопотоника», 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. Дышлок*, 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 агроинженерии 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»,
2025



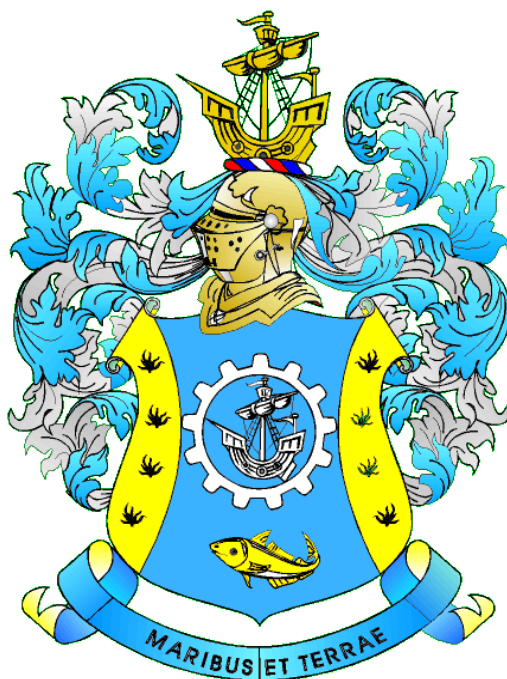
KSTU NEWS

2025

№ 77

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., Басаргина А. А.* Изученность миграции минерального азота в системе «почва – вода» в условиях осушенных агроландшафтов Калининградской области (аналитический обзор) 11
- Кривоускова Е. В., Новожилков О. А.* Особенности рациона европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) в условиях возрастающей антропогенной нагрузки 26

Техника и технология пищевых производств

- Карлов В. А., Мезенова О. Я.* Технология специализированного напитка для спортивного питания на основе функциональных пищевых добавок из фруктов и овощей пониженного качества 43
- Корниенко А. А., Лютова Е. В.* Совершенствование рецептуры печенья сдобного безглютенового с использованием побочных продуктов переработки моркови и тыквы 58
- Олейник В. К., Ключко Н. Ю.* Исследование по получению и применению сыра тофу в питании вегетарианцев 72
- Чернова А. В.* Перспективы применения зостерина в технологии рыбных кулинарных изделий 84

Судостроение, машиностроение и энергетика

- Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Коновалова К. В., Волошин А. А., Анфилофьев Е. А., Афиногенов К. В., Терентьева К. А.* Методика обоснования тяги на швартовых маломерного рыболовного судна 99

CONTENT

Biology, ecology and fisheries

<i>Antsiferova O. A., Basargina A. A.</i> Study of the migration of mineral nitrogen in the soil-water system in the conditions of drained agricultural landscapes of the Kaliningrad region (analytical review)	11
<i>Krivopuskova E. V., Novozhilov O. A.</i> Features of the diet of the European vendace (<i>Coregonus albula</i> , L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in conditions of increasing anthropogenic load	26

Processes and technology of food manufacturing

<i>Karlov V. A., Mezenova O. Ya.</i> Technology of a specialized sports drink based on functional food additives derived from lower-grade fruits and vegetables	43
<i>Kornienko A. A., Lyutova E. V.</i> Improving the recipe for gluten-free short-bread biscuits using carrot and pumpkin by-products	58
<i>Oleinik V. K., Klyuchko N. Yu.</i> Study of the production and use of tofu cheese in vegetarian nutrition	72
<i>Chernova A. V.</i> Prospects of zosterin application in fish products technology	84

Shipbuilding, machine manufacturing and power engineering

<i>Nedostup A. A., Sergeev E. I., Nasenkov P. V., Konovalova K. V., Voloshin A. A., Anfilofyev E. A., Afinogenov K. V., Terentyeva K. A.</i> Methodology for justifying thrust on mooring lines of a small fishing vessel	99
---	----

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.4

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-11-25

**Изученность миграции минерального азота в системе «почва – вода»
в условиях осушенных агроландшафтов Калининградской области
(аналитический обзор)**

Ольга Алексеевна Анциферова¹, Анна Андреевна Басаргина^{1,2}

¹Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

²Центр Агрохимической службы «Калининградский», Калининград, Россия

¹olga.antsiferova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5389-7243>

Аннотация. Статья посвящена анализу научных публикаций по проблеме накопления и выноса со стоком минерального азота (нитратный, аммонийный, нитритный) в условиях самого западного региона России. Приведены этапы развития исследований за последние 76 лет (1949 – 2025 гг.). Установлено, что интерес к проблеме обусловлен прикладными задачами в области агрохимии, агроэкологии, геоэкологии, гидрологии. Большинство глубоких исследований с масштабным охватом территории и комплексным подходом было выполнено в конце XX в. в связи с активным развитием экологического направления в науке. Приоритет системного подхода в организации региональных работ принадлежит Центру агрохимической службы «Калининградский». Это позволило определить уровень потерь нитратного азота, который значительно выше, чем в других регионах зоны дерново-подзолистых почв европейской части России. Причинами являются гумидный климат территории и осушительные мелиорации для улучшения водно-воздушного режима переувлажненных почв. В начале XXI в. усилилась актуальность и востребованность информации по проблеме миграции минерального азота, которая связана с внедрением интенсивных агротехнологий и изменениями климата. Нехватка первичной информации о влиянии объемов удобрения на скорость выноса минерального азота в системе «почва – верховодка / грунтовые воды / дренажные воды – водоприемники» на различных видах сельскохозяйственных угодий может являться причиной погрешностей результатов моделирования. В настоящее время существует необходимость проведения системных фундаментальных и прикладных региональных исследований по агрогеохимии минерального азота в связи с его высокой мобильностью и физиологической ролью для живых компонентов экосистем.

Ключевые слова: аммонийный и нитратный азот, накопление и миграция, дренажный сток, дерново-подзолистые осушенные почвы.

Для цитирования: Анциферова О. А., Басаргина А. А. Изученность миграции минерального азота в системе «почва – вода» в условиях осушенных агроландшафтов Калининградской области (аналитический обзор) // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 11–25. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-11-25.

Original article

**Study of the migration of mineral nitrogen in the soil-water system
in the conditions of drained agricultural landscapes of the Kaliningrad region
(analytical review)**

Olga A. Antsiferova¹, Anna A. Basargina^{1,2}

¹Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

² Center of Agrochemical Service "Kaliningradsky", Kaliningrad, Russia

¹olga.antsiferova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5389-7243>

Abstract. The article is devoted to the analysis of scientific publications on the problem of accumulation and removal of mineral nitrogen (nitrate, ammonium, nitrite) in the conditions of the westernmost region of Russia. The article presents the stages of research development over the past 76 years (1949–2025). It has been found that interest in this issue is stipulated by the applied problems in the field of agrochemistry, agroecology, geoecology, and hydrology. Most of the in-depth research with a large-scale coverage of the territory and an integrated approach was carried out at the end of the twentieth century in connection with the active development of the environmental field in science. The priority of a systematic approach in the organization of regional work belongs to the Center of agrochemical service "Kaliningrad". This allowed us to determine the level of nitrate nitrogen losses, which is significantly higher than in other regions of the zone of sod-podzolic soils of the European part of Russia. The reasons are the humid climate of the territory and drainage reclamation to improve the water-air regime of waterlogged soils. At the beginning of the 21st century, the relevance and demand for information on the migration of mineral nitrogen increased due to the introduction of intensive agricultural technologies and climate change. The lack of primary information on the impact of fertilizer volumes and the intensity of mineral nitrogen removal in the "soil – perched water / groundwater / drainage waters – drainage channel" on various types of agricultural land may cause errors in the modeling results. Currently, there is a need for systematic fundamental and applied regional research on the agrogeochemistry of mineral nitrogen due to its high mobility and physiological role for living components of ecosystems.

Keywords: ammonium and nitrate nitrogen, accumulation and migration, drainage water runoff, sod-podzolic drained soils.

For citation: Antsiferova O. A., Basargina A. A. Study of the migration of mineral nitrogen in the soil-water system in the conditions of drained agricultural landscapes of the Kaliningrad region (analytical review). *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):11–25. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-11-25.

ВВЕДЕНИЕ

Азотные удобрения занимают лидирующее место в мире среди применяемых агрохимикатов под сельскохозяйственные культуры. При этом потери азота из удобрений в результате эмиссии в атмосферу, миграции с жидким и твердым стоком достигают 50 % [1]. Следствием этого является возникновение экологических рисков загрязнения поверхностных и грунтовых вод, продукции растение-

водства, развитие болезней и снижение качества продуктов питания [2, 3]. В связи с этим особую актуальность имеют результаты многолетнего мониторинга, которые позволяют выявить влияние различных форм и доз азотных удобрений, сельскохозяйственных культур и способов землепользования на скорость миграции минерального азота в системе «почва – вода» [4, 5]. При формировании базы данных об объемах потерь азота из почв важно учитывать географические аспекты на уровне природных зон, подзон, провинций и отдельных ландшафтов. Этим объясняется актуальность региональных исследований.

Цель работы – оценка современного состояния проблемы миграции минерального азота в условиях осушенных почв агроландшафтов Калининградской области и его влияние на уровень загрязнения поверхностных и грунтовых вод.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являются почвы и природные воды в агроландшафтах Калининградской области. Предмет исследования – степень отражения в научных публикациях качественных и количественных региональных аспектов накопления и миграции минеральных форм азота в агроэкосистемах.

Основным методом исследования явился ретроспективный анализ научных публикаций на основе исторических этапов развития агропочвоведения, агрохимии и агроэкологии в Калининградской области в период с середины XX в. до первой четверти XXI в.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общие закономерности накопления и миграции аммонийного и нитратного азота в почвах агроэкосистем Нечерноземья

Основная часть азота в почвах связана с органическим веществом, и только небольшая часть представлена минеральными соединениями (аммонийной, нитратной и нитритной формами). Накопление минерального азота в почвах агроэкосистем происходит под влиянием природных микробиологических процессов (нитрификация, аммонификация, азотфиксация) на фоне разных видов антропогенного воздействия (прямое внесение азотсодержащих минеральных и органических удобрений, выпас скота, влияние животноводческих и птицеводческих комплексов). Многочисленными исследованиями в XX в. было установлено, что содержание минерального азота возрастает в ряду «лес – луг – пашня», при этом отмечается высокое накопление минерального азота в условиях черного пара: на севере нечерноземной зоны европейской территории России 60–85 кг/га, на юге – 150–250, в Белорусском Полесье – 200–300 [6]. Обобщение исследований по влиянию сельскохозяйственных культур на содержание минерального азота в удобряемых почвах показывает, что наибольшие количества накапливаются под овощными и пропашными культурами, меньше их под зерновыми, а наименьшие запасы характерны при выращивании многолетних злаковых трав. Эти же закономерности действуют на интенсивность и объемы вымывания нитратного азота из почв.

Установлено, что аммонийный азот находится преимущественно в обменно-поглощенном состоянии и слабо подвержен вымыванию. Напротив, нитратный азот не поглощается почвой и активно мигрирует по профилю.

Гранулометрический состав оказывает сильное влияние на степень вымывания азота из почвы и удобрений. На легких почвах (песчаных, супесчаных) миграция идет интенсивно, в 1,5–5 и более раз быстрее, чем на суглинистых и глинистых [6–8].

Основное количество азота из почвы вымывается в осенне-зимний и ранневесенний периоды, в весенне-летний вымывается только 15–25 % от общего количества потерянного азота [8]. Глубина проникновения нитратного азота 1 – 4 м. В речных водах максимальное количество минерального азота появляется в период половодья, а в некоторых регионах Нечерноземья еще и при осенних дождях [6, 9]. В реки нитраты поступают не только с грунтовым стоком, но и с эрозионными потоками (твердый и жидкий сток). По разным оценкам эрозионные потери в нечерноземной зоне варьируют от 0,5 до 100,8 кг/га азота в год, наиболее часто для Центрального Нечерноземья и Беларуси приводится интервал 0,5 – 14,0 кг/га, при этом 90–97 % приходится на твердый сток. Потери минерального азота от эрозии в сложных условиях рельефа возрастают в ряду «многолетние травы – озимые зерновые – яровые зерновые по зяби – пропашные по зяби» [6, с. 81–84].

*Исторические этапы изучения минерального азота и его миграции
в почвах агроландшафтов Калининградской области (1949 – 2020 гг.)*

Первые сведения о количестве минеральных форм азота в почвах и дренажных водах содержатся в трудах агрохимического отряда (руководитель И. Г. Важенин) Государственной комплексной экспедиции Академии наук СССР (1949–1953 гг.) (табл.). В статье К. В. Веригиной содержится обзор проблематики в работах отечественных и зарубежных ученых за первую половину XX в., предваряющий сведения о первых результатах авторских экспериментов [10]. В работе приводятся сведения о сезонном изменении состава дренажных вод (1949, 1951 гг.), постановке полевых экспериментов (1951 г.) с анализом агрохимических свойств почв, водной вытяжки из почв и ионного состава коллекторных вод с опытных участков. Экспериментальные площадки закладывались в двух почвенно-геоморфологических районах – Лава-Прегольская низменности с суглинистыми дерново-подзолистыми почвами на озерно-ледниковых карбонатных глинах и оконечности Вармийской холмисто-моренной равнины с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами на моренных неоднородных отложениях.

В 60-е годы XX в. некоторых вопросов превращения соединений минерального азота касался в своей работе Н. С. Докучаев в связи с изучением окислительно-восстановительных условий польдерных земель в дельтовой низменности р. Неман [11]. После открытия в 1965 г. Калининградской областной станции химизации (ныне Центр агрохимической службы «Калининградский» – ЦАС) началось проведение систематического агрохимического обследования и постановка полевых опытов с удобрениями. Источником информации о содержании минерального азота в почвах являлись результаты ранневесенней диагностики азотного питания озимых зерновых культур [12]. Этот вид производственного полевого

обследования проводился в связи с применением азотных подкормок, начиная с 70-х годов XX в. [13, с. 27].

Обобщенные данные были опубликованы в 1999 г. [14]. Помимо этого, под руководством В. И. Панасина выполнены полевые научные исследования, посвященные изучению миграции нитратного азота с дренажным стоком в условиях овощного севооборота с орошением в Гурьевском районе в 1981–1985 гг. [15]. В продолжение темы агрогеохимических путей миграции нитратного азота в системе «почва – вода» изучался химический состав речных вод Преголи и Гурьевки, а также других малых рек и открытых водных источников (ручьев, водохранилищ, прудов, магистральных дренажных каналов, заливов) [16–18].

Стимулом к такому широкомасштабному обследованию послужила активно развивавшаяся с конца 80-х годов XX в. экологическая проблематика, одним из направлений которой явилась оценка потенциальной угрозы от агрохимикатов и сельского хозяйства в целом [19, 20].

В начале XXI в. количество исследований по проблематике геохимической миграции минерального азота в почвах незначительно. В рамках проведения полевых опытов в ЦАС «Калининградский» публикуются отдельные итоги, касающиеся аспектов взаимосвязей в системе «удобрение – почва – урожай» [21]. В то же время возникает попытка поднять проблему агрогеохимического эффекта поверхностного накопления форм нитратов в зависимости от режима влажности [22, 23]. На этом фоне активно публикуются данные, содержащие информацию о количестве биогенных веществ (в том числе азота) в водах рек, заливов и моделировании объемов выноса с сельскохозяйственных угодий [24–29].

В итоге к началу 2025 г. публикаций, которые непосредственно связаны с проблемой накопления и миграции минерального азота в системе «почва – вода», насчитывается менее десяти. Все работы имеют прикладной характер, фундаментальных нет. Абсолютное большинство исследований выполнено региональными учеными. Наиболее комплексный подход, включающий данные по почвам, дренажному стоку и водам, просматривается в публикациях специалистов ЦАС «Калининградский», при этом накоплен массив многолетних данных, выполненных по единой государственной методике.

Распределение работ по временным рамкам отражено в таблице. На региональном уровне выражен переход от узкоприкладных агрохимических исследований к более широкой экологической проблематике, начиная с конца 80-х годов XX в. В то же время ввиду разрозненности научных коллективов и несогласованности тематики научных работ до настоящего времени отсутствует перспективное развитие данного направления исследований, которое будет отражать переход на новый исторический этап в XXI в. Соглашаясь с уровнем современного развития науки, оно должно совмещать агрохимическую и экологическую составляющие и ориентироваться не только на констатацию фактов, составление моделей, но и на решение проблем снижения потерь минерального азота.

Таблица. Этапы изучения вопросов накопления и миграции минерального азота в системе «почва – вода» (середина XX – первая четверть XXI в.)

Table. Stages of studying the issues of accumulation and migration of mineral nitrogen in the soil – water system (mid-20th – first quarter of the 21st century)

Годы	Направление	Основная задача	Исполнители
1949 – 1952	Агрохимические исследования в рамках Государственной комплексной академической экспедиции	Получение рекогносцировочных сведений о влиянии осушения на выщелачивание химических элементов (в том числе минерального азота) с удобряемой пашни	Отдельные ученые ведущих научных центров страны (К. В. Веригина)
1975 – настоящее время	Агрохимические работы: а) в рамках государственного сплошного / выборочного обследования; б) на опытных участках	Получение сведений о накоплении минерального азота в режиме многолетних данных с детализацией вопросов влияния свойств почв, удобрений и агротехнологий	ФГБУ «Центр агрохимической службы «Калининградский» (В. И. Панасин, В. В. Долинина, В. Д. Слобожанинова, А. В. Чашкина)
1981 – 1995	Гидрохимические исследования миграции элементов из агроэкосистем в рамках сплошного / выборочного обследования	Эколого-токсикологическая оценка и выявление сельскохозяйственных источников загрязнения поверхностных вод	ФГБУ «Центр агрохимической службы «Калининградский» (В. И. Панасин, В. В. Широков, Л. В. Мизина)
60-е годы XX в. – настоящее время	Почвенно-гидрологические исследования в агроландшафтах	Оценка влияния гидрологического режима осушенных почв на миграцию минерального азота	Отдельные региональные ученые в составе областной опытно-мелиоративной станции (В. В. Докучаев), кафедр университетов (О. А. Анциферова)
XXI в.	Гидрохимические исследования и моделирование миграции элементов	Эколого-токсикологическая оценка водоемов	Отдельные региональные ученые в составе кафедр университетов (Т. А. Берникова, Н. А. Цупикова, Н. Н. Нагорнова, С. И. Зотов, Ю. А. Спирин и др.)

Региональные особенности накопления и выноса минерального азота
по итогам публикаций

В накоплении минерального азота $N-(NO_3^- + NH_4^+)$ в условиях региона подтверждаются закономерности роста количества в зависимости от увеличения содержания гумуса и утяжеления гранулометрического состава. Обработка данных В. И. Панасина, В. Д. Слобожаниновой, В. В. Долининой [14] показала наличие линейной зависимости с высокими коэффициентами детерминации (рис. 1.). Такие взаимосвязи во многом обязаны закрепленному в обменно-поглощенном состоянии иону аммония. В то же время реакция среды играет большую роль и при оптимальном для большинства сельскохозяйственных культур pH_{KCl} , в интервале 5,6 – 6,0 наблюдается максимальное накопление минерального азота. Десятилетние результаты диагностики (1988 – 1998 гг.) обнаружили, что при уровне применяемых в тот период схем удобрения обеспеченность минеральным азотом возрастала в ряду предшественников «озимые зерновые – бобовые – яровые зерновые – многолетние травы – однолетние силосные – луга и пастбища – пропашные», при этом сохранялись закономерности влияния содержания гумуса и гранулометрического состава [4]. На осушенной аллювиально-болотной почве под черным паром может накапливаться до 300 кг/га минерального азота [11]. Известкование кислой почвы с оптимальной нормой осушения способствует накоплению нитратов, а избыточно увлажненной – подавлению нитрификации.

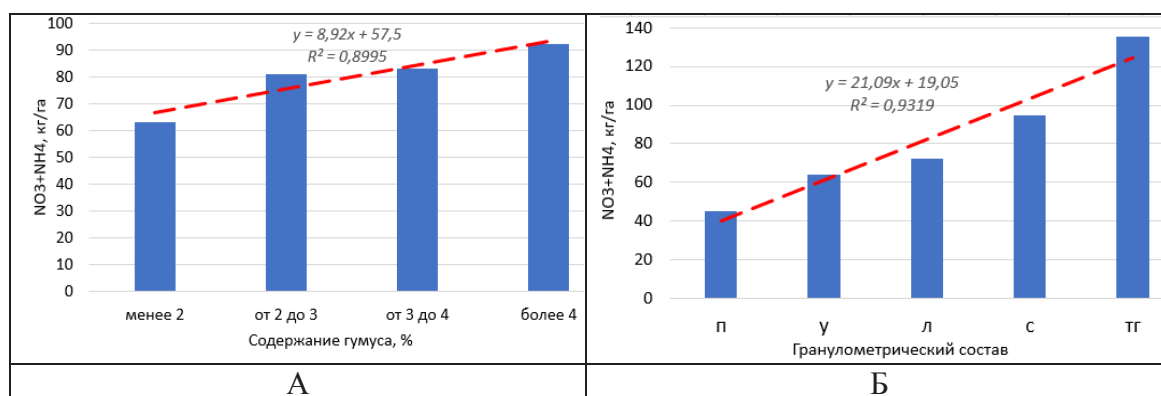


Рис. 1. Накопление минерального азота в дерново-подзолистых почвах в зависимости от содержания гумуса (А) и гранулометрического состава (Б)

Fig. 1. Accumulation of mineral nitrogen in sod-podzolic soils depending on humus content (A) and granulometric composition (B)

В исследованиях К. В. Веригиной на дерново-подзолистых почвах показано, что при внесении аммонийной селитры и обильном поливе нитраты мигрируют на всю глубину промачивания в течение 48 ч [10]. Концентрация их в дренажных водах увеличивалась с 2 до 57–66 мг/л, при этом от внесенного количества удобрений вымывалось в нитратной форме 0,02–0,04 %, в аммонийной – 0,03 %. Таким образом, было подтверждено, что на осушаемых почвах при дождях в вегетационный период возможны потери минерального азота с дренажным стоком.

Нами проведена дополнительная обработка данных ЦАС (В. И. Панасин, В. В. Широков, Л. В. Мизина) 1981–1985 гг., полученных при изучении дерново-подзолистых оглеенных почв под овощным севооборотом в Гурьевском рай-

оне [15]. В результате совместного мониторинга интенсивности дренажного стока и объемов выносимого нитратного азота выражена сильная взаимосвязь этих показателей (коэффициент корреляции по итогам среднесезонных данных 0,97). Основная ценность результатов мониторинга состоит в установлении сезонных закономерностей выноса нитратов (рис. 2), благодаря чему при развертывании исследований в XXI в. появляется возможность сравнения временных рядов на фоне изменяющегося климата. Пик стока приходится на зимние месяцы, за год выносятся от N_{21} до N_{71} кг/га. Нижняя граница этих значений входит в интервал, полученный учеными для дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья и Беларуси, который приводится в сводном обзоре В. Г. Сычева с соавторами [6, с. 133–134]. Однако средние значения и тем более верхняя граница констатируют очень высокие объемы вымывания нитратов вследствие региональной специфики. Она заключается в географическом положении Калининградской области, которая относится к самой западной прибалтийской провинции зоны дерново-подзолистых почв и, соответственно, характеризуется максимальным количеством осадков. Второй особенностью является повсеместное осушение почв, что увеличивает вынос с дренажным стоком нитратов по сравнению с неосушенными агроландшафтами. Несмотря на то, что в работе не приведены схемы удобрения овощных культур и дозы азотных удобрений, отмечается, что потери могут составлять до половины азота, внесенного с удобрениями [15]. Это подчеркивает агрохимическую и агроэкологическую актуальность мониторинга минерального азота и в настоящий период, когда ориентация на получение высоких урожаев ведущих культур (озимой пшеницы и рапса) основана на интенсивном азотном удобрении в дозах равных или выше N_{200} кг/га [30].

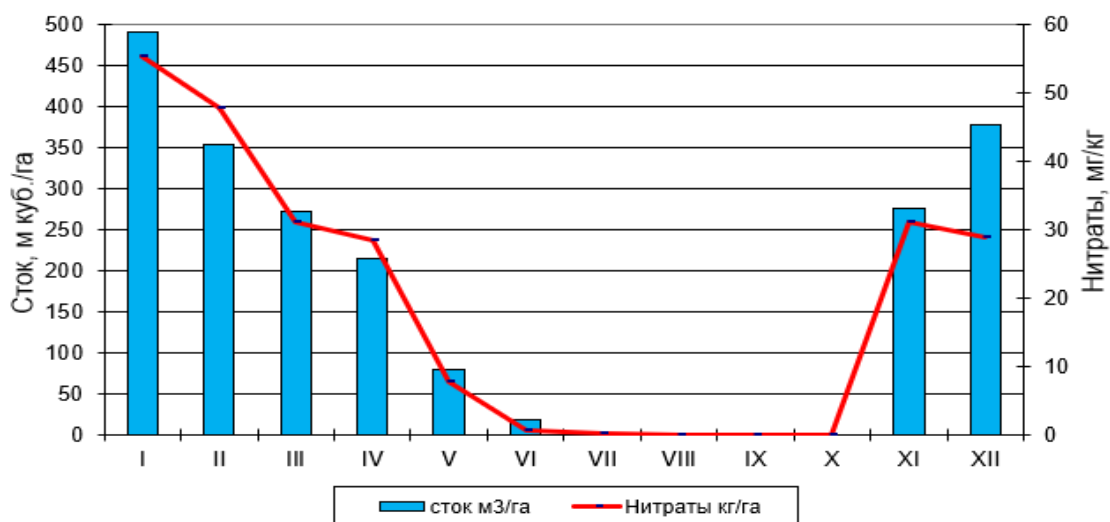


Рис. 2. Динамика выноса нитратного азота в зависимости от интенсивности дренажного стока

Fig. 2. Dynamics of nitrate nitrogen removal depending on the intensity of drainage runoff

Широкомасштабное обследование поверхностных вод, выполненное в ЦАС в конце XX в., позволило оценить не только загрязненность по нитрат-иону, но и фоновые природные значения, которые составляют 2,0–2,2 мг/л [17].

По данным В. И. Панасина и Л. Ф. Мизиной, основными сельскохозяйственными источниками загрязнения прудов, озер и рек являются животноводческие комплексы, дренажные воды с полей овощных севооборотов, склады минеральных удобрений. Динамика нитратов в реках области зависит от участка русла и особенностей антропогенной нагрузки на водосборы. Содержание нитратов, как правило, увеличивается от истока к устью [16–18]. Указывается, что на водосборе р. Преголи выше Калининграда вклад пахотных угодий в поступление общего азота в речные воды составляет 71 % [24].

В работах, посвященных оценке загрязненности малых водотоков Калининградской области, также отмечается зависимость биогенной нагрузки от модуля стока и фаз водного режима [25, 29]. В исследовании Н. Н. Нагорновой, Т. А. Берниковой, Н. А. Цупиковой показано, что примерная нагрузка на Балтийское море от 10 малых рек западной части Калининградской области (включая российскую часть Вислинского и Куршского заливов) составляет 660 т/год минерального азота, в том числе аммонийного – 300, нитритного – 10, нитратного – 350 [25]. В то же время данные Ю. А. Горбуновой, полученные с помощью моделей, дают величину нагрузки на Вислинский (Калининградский) залив только от реки Преголи выше Калининграда в 2300 т/год общего азота [24]. Приводимые в этой работе данные других исследователей, полученные аналогичным образом за 1990–2000 гг., еще выше. Выясняется большой разброс в оценках биогенной нагрузки от минерального азота на реки, заливы и море. Результаты моделирования с использованием весьма общих литературных данных могут рассматриваться как первый шаг к пространственным оценкам, дающим пока ориентировочные значения с высокой долей погрешности.

Таким образом, к настоящему времени существует дефицит научной информации по влиянию уровня современных агротехнологий на накопление, распределение, миграцию форм минерального азота в системе «почва – вода». Отсутствуют сравнительные исследования в разных ландшафтных условиях региона, оценка вида землепользования и значения способа мелиорации (осушение закрытым, открытым, польдерным способом, осушение с орошением). Также остается неясным влияние вида, формы, дозы азотных удобрений на возможные потери действующего вещества. Этот вопрос первостепенный при оценке агроэкономического аспекта эффективности удобрений. Единичные публикации по отрицательному агроэкологическому влиянию поверхностного применения вразброс гранулированных удобрений на участках переувлажненных почв [22, 23] не могут дать ответа на вопрос о степени преимущества замены этого способа на некорневые подкормки. Также остается совершенно не изученным вопрос об эрозионных потерях минерального азота с учетом геоморфологической сложности и разнообразия агроландшафтов на фоне участвовавших экстремальных погодных условий при изменяющихся климатических показателях. Отсутствуют исследования, связанные с влиянием дальности «растекания» повышенных концентраций нитратов в грунтовом потоке по отношению к смежным с агроэкосистемами лесным и болотным угодьям. Весьма перспективным является решение вопроса определения предельной емкости/нагрузки водных объектов в отношении биогенов вообще и азота в частности. Это открывает широкие возможности не только прикладных, но и фундаментальных исследований в области сопряженной эволюции наземных и водных экосистем под влиянием агрогенной нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Исторические этапы развития исследований накопления и миграции минерального азота в агроэкосистемах Калининградской области имеют два направления – агрохимическое и гидрохимическое. Исследования комплексного характера, сочетающие эти направления на базе мониторинговых данных, предприняты в 80–90-х годах XX в. в ЦАС «Калининградский». В настоящее время актуальность таких исследований обусловлена интенсификацией агротехнологий на фоне тренда к изменению климатических показателей.

2. В первой четверти XXI в. ощущается недостаток научных данных о поведении минерального азота в агроландшафтах. Прикладные региональные агрохимические публикации нацелены на изучение влияния азотных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур без рассмотрения вопросов потерь при миграции с эрозионным и дренажным стоком. В то же время данные гидрохимических исследований касаются в основном комплексной оценки загрязненности малых рек при полном отсутствии или поверхностном касании вопросов агрогеохимии минеральных форм азота.

3. Перспектива развития тематики накопления, распределения и миграции минерального азота в почвах агроэкосистем должна основываться на результатах экспериментальных исследований в ландшафтах с применением цифровых технологий геопространственного моделирования, выявлении и мониторинге зон повышенной аккумуляции и миграции для составления объективных прогнозов объемов выноса, нагрузки на водные экосистемы и разработки приемов снижения потерь азота.

Список источников

1. Кудеяров В. Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор) // Почвоведение. 2020. № 10. С. 1192–1205. DOI: 10.31857/S0032180X2010010X.
2. Башкин В. Н. Экологические риски применения азотных удобрений // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 2. С. 40–53. DOI: 10.32686/1812-5220-2022-19-2-40-53
3. Ortmeyer F., Hansen B. & Banning A. Groundwater nitrate problem and countermeasures in strongly affected EU countries – a comparison between Germany, Denmark and Ireland. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie. 2023. V. 28. P. 3–22. DOI: 10.1007/s00767-022-00530-5.
4. Bauwe A. and Lennartz B. Insights gained from two decades of intensive monitoring: hydrology and nitrate export in a tile-drained agricultural catchment. Front. Water. 2024. V. 6:1369552. DOI: 10.3389/frwa.2024.1369552.
5. Пироговская Г. В. Выщелачивание азота из пахотных почв Беларуси (по данным лизиметрических исследований (1981–2012 гг.)) // Агрохимия. 2016. № 3. С. 39–50.
6. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Т. 2. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе / В. Г. Сычев, О. А. Соколов, А. А. Завалин, Н. Я. Шмырева. М.: ВНИИА, 2012. 272 с.

7. Безлюдный Н. Н., Денисов Т. Н., Петрович А. К. Миграция азота в профиле дерново-подзолистых почв БССР // *Агрохимия*. 1982. № 6. С. 12–17.
8. Варюшкина Н. М., Кирпанева Л. И. Трансформация азота удобрений при ежегодном их внесении в дерново-подзолистые почвы // *Почвоведение*. 1984. № 10. С. 116–120.
9. Соколов О. А., Семенов В. М., Агаев В. А. Нитраты в окружающей среде. Пушкино: ОНТИ, 1990. 316.
10. Веригина К. В. Влияние дренажа на вымывание питательных веществ из почвы // *Почвы Калининградской области*. Москва: Изд-во АН СССР. 1961. С. 146–158.
11. Докучаев Н. С. Исследование окислительно-восстановительных условий почв полейдеров Калининградской области в связи с их осушением и окультуриванием: автореф. дис... канд. сельхоз. наук: 532. Ленинград, 1968. 24 с.
12. Методические указания по комплексной диагностике азотного питания озимых зерновых культур. М.: Колос, 1984. 47 с.
13. Химизация земледелия Калининградской области за 40 лет (1966–2005) / В. И. Панасин [и др.]. Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. 140 с.
14. Панасин В. И., Слобожанинова В. Д., Долинина В. В. Запасы минерального азота в почвах Калининградской области в зависимости от их агрохимических и агрофизических свойств // *Вопросы сельского хозяйства: сборник научных трудов КГТУ*. Калининград. КГТУ, 1999. С. 132–138.
15. Определение потерь нитратов с дренажными водами. Информационный листок № 24-87 / В. И. Панасин, В. В. Широков, Л. В. Мизина. Калининград: ЦНТИ, 1987. 4 с.
16. Панасин В. И., Мизина Л. Ф. Экологическое состояние бассейна реки Преголи // *Теоретические и прикладные аспекты экологии и биологии: сборник научных трудов КГУ*. Калининград, КГУ. 2001. С. 3–13.
17. Панасин В. И., Мизина Л. Ф. Содержание нитратов в поверхностных водах Калининградской области // *Актуальные проблемы сельского хозяйства. Сборник научных трудов КГТУ*. Калининград: Изд-во КГТУ, 2002. С. 45–50.
18. Панасин В. И., Мизина Л. Ф., Рымаренко Д. А. Гидрохимический состав реки Гурьевки // *Сборник научных трудов КГУ*. Калининград, 2004. С. 72–76.
19. Панасин В. И. Беседа о нитратах. Калининград, 1992. 24 с.
20. Панасин В. И., Мизина Л. Ф., Рыжова Е. П. Токсикологическая обстановка на территории Калининградской области. Калининград, 1995. 33 с.
21. Динамика минерального азота под озимой пшеницей на фоне разных предшественников / Г. В. Горшенина, С. И. Новикова, О. М., Бедарева, Т. Н. Троян // *Проблемы региональной экологии*. 2020. № 2. С. 52–54. DOI: 10.24411/1728-323X-2020-12052.
22. Анциферова О. А. Условия возникновения поверхностного накопления нитратов в осушаемых пахотных почвах // *Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях: труды Международной научно-практической конференции*, г. Тверь, 30 сентября 2019 г. Тверь, 2019. С. 134–140.
23. Анциферова О. А. Влияние режима влажности на миграцию нитратов в осушенных почвах Самбийской равнины // *Плодородие почв России. Состояние, тенденции и прогноз: сборник трудов Международной научной конференции ВНИИ агрохимии*, Москва, 26–27 ноября 2019 г. Москва, 2019. С. 21–26.

24. Горбунова Ю. А. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна реки Преголи в Вислинский залив // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. Вып. 1. С. 87–93.
25. Нагорнова Н. Н., Берникова Т. А., Цупикова Н. А. Гидрогеохимическая характеристика малых рек Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. Вып. 7. С. 160–166.
26. Домнин Д. А., Чубаренко Б. В. Оценка выноса биогенных веществ с малых водосборных бассейнов Калининградского / Вислинского залива посредством численного моделирования // Известия КГТУ. 2017. № 46. С. 13–23.
27. Содержание минеральных форм биогенных элементов в Куршском заливе в 2018 году / А. В. Сташко, В. В. Шендерюк, А. В. Касьян, С. В. Александров, Л. Л. Виноградова // Известия КГТУ. 2019. № 55. С. 111–121.
28. Оценка экологического состояния реки Гурьевки на основе гидрохимических данных и показателей фитопланктона / О. С. Бугранова, П. П. Буйняченко, Т. А. Берникова, С. А. Уманский // Известия КГТУ». 2019. № 55. С. 59–73.
29. Спирин Ю. А., Зотов С. И. Водотоки польдеров: методы исследований и геоэкологическая оценка. Калининград: НИЦ ИНФРА-М., 2023. 217 с.
30. Удобрение, технологии и урожай. Справочник агронома по химизации земледелия / В. И. Панасин [и др.]. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта. 2018. 315 с.

References

1. Kudayarov V. N. Emissiya zakisi azota iz pochv v usloviyakh primeneniya udobreniy (analiticheskiy obzor) [Emission of nitrous oxide from soils under conditions of application of fertilizers (analytical review)]. *Pochvovedeniye*, 2020, no. 10, pp. 1192–1205. DOI: 10.31857/S0032180X2010010X.
2. Bashkin V. N. Ekologicheskiye riski primeneniya azotnykh udobreniy [Environmental risks of using nitrogen fertilizers]. *Problemy analiza riska*. 2022, vol. 19, no. 2, pp. 40–53. DOI: 10.32686/1812-5220-2022-19-2-40-53.
3. Ortmeyer F., Hansen B. & Banning A. Groundwater nitrate problem and countermeasures in strongly affected EU countries – a comparison between Germany, Denmark and Ireland. *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*. 2023. V. 28. P. 3–22. DOI: 10.1007/s00767-022-00530-5.
4. Bauwe A. and Lennartz B. Insights gained from two decades of intensive monitoring: hydrology and nitrate export in a tile-drained agricultural catchment. *Front. Water*. 2024. V. 6:1369552. DOI: 10.3389/frwa.2024.1369552.
5. Pirogovskaya G. V. Vyshchelashchivanie azota iz pakhotnykh pochv Belarusi (po dannym lizimetricheskikh issledovaniy (1981–2012 gg.)) [Nitrogen leaching from arable soils of Belarus (according to lysimetric studies (1981–2012))]. *Agrokimiya*, 2016, no. 3, pp. 39–50.
6. Sychev V. G., Sokolov O. A., Zavalin A. A., Shmyreva N. Ya. *Rol' azota v intensivatsii produktsionnogo protsessa sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. T. 2. Ekologicheskiye aspekty roli azota v produktsionnom protsesse* [The role of nitrogen in the intensification of the production process of agricultural crops. Vol. 2. Ecological aspects of the role of nitrogen in the production process]. Moscow, VNIIA, 2012, 272 p.

7. Bezlyudnyy N. N., Denisov T. N., Petrovich A. K. Migratsiya azota v profile dernovo-podzolistykh pochv BSSR [Nitrogen migration in the profile of sod-podzolic soils of the BSSR]. *Agrokimiya*, 1982, no. 6, pp. 12–17.
8. Varyushkina N. M., Kirpaneva L. I. Transformatsiya azota udobreniy pri ezhagodnom ikh vnesenii v dernovo-podzolistye pochvy [Transformation of nitrogen from fertilizers during their annual application to sod-podzolic soils]. *Pochvovedeniye*, 1984, no. 10, pp. 116–120.
9. Sokolov O. A., Semenov V. M., Agaev V. A. *Nitraty v okruzhayushchey srede* [Nitrates in the environment]. Pushchino, ONTI, 1990, 316 p.
10. Verigina K. V. Vliyaniye drenazha na vymyvanie pitatel'nykh veshchestv iz pochvy [Effect of drainage on the leaching of nutrients from the soil]. *Pochvy Kaliningradskoy oblasti*. Moscow, AN SSSR, 1961, pp. 146–158.
11. Dokuchaev N. S. *Issledovaniye okislitel'no-vosstanovitel'nykh usloviy pochv pol'derov Kaliningradskoy oblasti v svyazi s ikh osusheniyem i okul'turivaniem. Avtoref. diss. kand. sel'khoz. nauk* [Study of oxidation-reduction conditions of soils of polders of the Kaliningrad region in connection with their drainage and cultivation. Abstract of dis. cand. of agricultural sci.]. Leningrad, 1968, 24 p.
12. Methodical instructions for complex diagnostics of nitrogen nutrition of winter grain crops. Moscow, Kolos Publ., 1984. 47 p. (In Russian).
13. Panasin V. I. et al. *Khimizatsiya zemledeliya Kaliningradskoy oblasti za 40 let (1966–2005)* [Chemicalization of agriculture in the Kaliningrad region over 40 years (1966–2005)]. Kaliningrad, FGOU VPO "KGTU", 2007, 140 p.
14. Panasin V. I., Slobozhaninova V. D., Dolinina V. V. Zapasy mineral'nogo azota v pochvakh Kaliningradskoy oblasti v zavisimosti ot ikh agrokhimicheskikh i agrofizicheskikh svoystv [Reserves of mineral nitrogen in soils of the Kaliningrad region depending on their agrochemical and agrophysical properties]. *Voprosy sel'skogo khozyaystva. Sbornik nauchnykh trudov KGTU* [Problems of agriculture. Collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad, KGTU, 1999, pp. 132–138.
15. Panasin V. I., Shirokov V. V., Mizin L. V. *Opredeleniye poter' nitratov s drenazhnymi vodami. Informatsionnyy listok № 24-87* [Determination of nitrate losses with drainage water. Information leaflet No. 24–87]. Kaliningrad, CNTI, 1987, 4 p.
16. Panasin V. I., Mizina L. F. *Ekologicheskoe sostoyanie basseyna reki Pregoli* [Ecological state of the Pregolya River basin]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty ekologii i biologii. Sbornik nauchnykh trudov KGU* [Theoretical and applied aspects of ecology and biology. Collection of scientific papers of KSU]. Kaliningrad, KGU, 2001, pp. 3–13.
17. Panasin V. I., Mizina L. F. *Soderzhaniye nitratov v poverkhnostnykh vodakh Kaliningradskoy oblasti* [Nitrate content in surface waters of the Kaliningrad region]. *Aktual'nyye problemy sel'skogo khozyaystva. Sbornik nauchnykh trudov KGTU* [Actual problems of agriculture. Collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad. KSTU Publ., 2002, pp. 45–50.
18. Panasin V. I., Mizina L. F., Rymarenko D. A. *Gidrokhimicheskiy sostav reki Gur'yevki* [Hydrochemical composition of the Guryevka River]. *Sbornik nauchnykh trudov KGU* [Collection of scientific papers of KSU]. Kaliningrad, 2004, pp. 72–76.
19. Panasin V. I. *Beseda o nitratakh* [Conversation about nitrates]. Kaliningrad, 1992, 24 p.

20. Panasin V. I., Mizina L. F., Ryzhova E. P. *Toksikologicheskaya obstanovka na territorii Kaliningradskoy oblasti* [Toxicological situation in the Kaliningrad region]. Kaliningrad, 1995, 33 p.
21. Gorshinina G. V., Novikova S. I., Bedareva O. M., Troyan T. N. Dinamika mineral'nogo azota pod ozimoy pshenitsey na fone raznykh predshestvennikov [Dynamics of mineral nitrogen under winter wheat against the background of different predecessors]. *Problemy regional'noy ekologii*, 2020, no. 2, pp. 52–54. DOI: 10.24411/1728-323X-2020-12052.
22. Antsiferova O. A. Usloviya vozniknoveniya poverkhnostnogo nakopleniya nitratov v osushayemykh pakhotnykh pochvakh [Conditions for the occurrence of surface accumulation of nitrates in drained arable soils]. *Vysokoproduktivnoe i ekologicheskoe chistoe agrokhozyaystvo na meliorirovannykh zemlyakh. Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, g. Tver', 30 sentyabrya 2019* [Proceedings of the International scientific and practical conference "Highly productive and environmentally friendly agricultural production on reclaimed lands", Tver, 30 September, 2019]. Tver', 2019, pp. 134–140.
23. Antsiferova O. A. Vliyanie rezhima vlazhnosti na migratsiyu nitratov v osushennykh pochvakh Sambiyskoy ravniny [Influence of moisture regime on nitrate migration in drained soils of the Sambian Plain]. *Plodorodiye pochv Rossii. Sostoyanie, tendentsii i prognoz. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii VNII agrokhimii, 26–27 noyabrya 2019 g.* [Soil fertility in Russia. Status, trends and forecast. Collection of works of the International scientific conference at the All-Russian Research Institute of Agrochemistry, November 26–27, 2019]. Moscow, 2019, pp. 21–26.
24. Gorbunova Yu. A. Postupleniye biogennykh veshchestv s vodosbornogo basseyna reki Pregoli v Vislinskiy zaliv [Input of biogenic substances from the Pregolya River catchment basin to the Vistula Lagoon]. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta*, 2010, is. 1, pp. 87–93.
25. Nagornova N. N., Bernikova T. A., Tsupikova N. A. Gidrogeokhimi-cheskaya kharakteristika malykh rek Kaliningradskoy oblasti [Hydrogeochemical characteristics of small rivers in the Kaliningrad region]. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2011, is. 7, pp. 160–166.
26. Domnin D. A., Chubarenko B. V. Otsenka vynosy biogennykh veshchestv s malykh vodosbornykh basseynov Kaliningradskogo / Vislinskogo zaliva posredstvom chislennogo modelirovaniya [Assessment of the removal of nutrients from small catchment areas of the Kaliningrad / Vistula Lagoon using numerical modeling]. *Izvestiya KGTU*, 2017, no. 46, pp. 13–23.
27. Stashko A. V., Shenderyuk V. V., Kas'yan A. V., Aleksandrov S. V., Vinogradova L. L. Soderzhaniye mineral'nykh form biogennykh elementov v Kurshskom zalive v 2018 godu [Content of mineral forms of nutrients in the Curonian Lagoon in 2018]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 55, pp. 111–121.
28. Bugranova O. S., Buynyachenko P. P., Bernikova T. A., Umanskiy S. A. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya reki Gur'evki na osnove gidrokhimicheskikh danykh i pokazateley fitoplanktona [Assessment of the ecological state of the Guryevka River based on hydrochemical data and phytoplankton indicators]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 55, pp. 59–73.
29. Spirin Yu. A., Zotov S. I. *Vodotoki pol'derov: metody issledovaniy i geoekologicheskaya otsenka* [Polder watercourses: research methods and geoecological assessment]. Kaliningrad. NITS INFRA-M Publ., 2023, 217 p.

30. Panasin V. I. et al. *Udobreniye, tekhnologii i urozhay. Spravochnik agronoma po khimizatsii zemledeliya* [Fertilizer, technology and harvest. Agronomist's handbook on the chemicalization of agriculture]. Kaliningrad. Izd-vo BFU im. I. Kanta, 2018, 315 p.

Информация об авторах

О. А. Анциферова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. А. Басаргина – аспирант

Information about the author

O. A. Antsiferova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor
A. A. Basargina – Post graduate student (PhD student)

Статья поступила в редакцию 25.01.2025; одобрена после рецензирования 30.01.2025; принята к публикации 13.02.2025.

The article was submitted 25.01.2025; approved after reviewing 30.01.2025; accepted for publication 13.02.2025.

Научная статья

УДК 597.5:574.5:502.7:504.05 (06)

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39

**Особенности рациона европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L.)
озера Виштынецкого (Калининградская область) в условиях возрастающей
антропогенной нагрузки**

Екатерина Владимировна Кривопускова¹, Олег Анатольевич Новожилов²

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

¹ ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2765-4958>

² oleg.novozhilov@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-4845>

Аннотация. В настоящее время исследование влияния эвтрофикации на пищевые предпочтения рыб является одной из основ для понимания процессов трансформации пищевых связей в водных экосистемах. Ихтиоценозы играют ключевую роль в динамике продуктивности водоемов, и изменения в их качественных и количественных характеристиках существенно влияют на первичную продукцию и эвтрофирование экосистем. Европейская ряпушка как планктонофаг демонстрирует высокую пластичность спектра питания, что отражает изменения в окружающей среде. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений изучение рациона ряпушки позволяет оценить состояние ихтиоценоза и темпы эвтрофирования озера. Экосистема озера Виштынецкого в последние годы претерпевает значительные изменения, что отображается не только на состоянии биоты, но и влияет на трофические связи в ней. Европейская ряпушка озера Виштынецкого, являясь ценным видом и в других водоемах своего ареала, остро реагирует на данные изменения, в частности, трансформацией спектра питания. В то же время как массовый планктонофаг она может влиять на процессы эвтрофирования и использоваться в качестве объекта при биоманипуляциях средой. Исследования спектра питания проводились в летний период 2022 г. Основными компонентами рациона ряпушки являются ветвистоусые и веслоногие ракообразные, а также представители зообентосного сообщества. Результаты показали, что рацион ряпушки достаточно стабилен, но подвержен изменениям вследствие перемены температурных условий и антропогенных факторов. Эти изменения отражают трансформацию экосистемы озера, связанную с увеличением потока аллохтонных веществ и изменением биохимической активности биоты.

Ключевые слова: европейская ряпушка, озеро Виштынецкое, спектр питания, национальный парк «Виштынецкий», рекреационная нагрузка.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания, тема № 122030900052-6 «Развитие методов оценки допустимой добычи и рыбохозяйственного мониторинга ВБР, ОДУ на которые не устанавливается, во внутренних водоемах Калининградской области».

© Кривопускова Е. В., Новожилов О. А., 2025

Для цитирования: Кривоpusкова Е. В., Новожилов О. А. Особенности рациона европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) в условиях возрастающей антропогенной нагрузки // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 26–39. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39.

Original article

Features of the diet of the vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in conditions of the increasing anthropogenic load

Ekaterina V. Krivopuskova¹, Oleg A. Novozhilov²

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

¹ ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2765-4958>

² oleg.novozhilov@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-4845>

Abstract. Currently, the study of the effect of eutrophication on the food preferences of fish is one of the foundations for understanding the processes of transformation of food chains in aquatic ecosystems. Ichthyocenoses play a key role in the dynamics of water body productivity. Changes in their qualitative and quantitative characteristics bear a significant influence on primary production and eutrophication of ecosystems. Vendace, as a plankton feeder, demonstrates high plasticity of the food spectrum, which reflects the environmental changes. In the context of increasing anthropogenic load and climate change, the study of vendace diet allows to assess the state of the ichthyocenosis and the rate of eutrophication of the lake. The ecosystem of lake Vishtynetskoye has undergone significant changes in the past few years, which is reflected not only in the state of the biota, but also affects the trophic relationships in it. Vendace of lake Vishtynetskoye, being valuable species, as in other water bodies of its range, sharply reacts to these changes, including a change in the food spectrum. At the same time, being mass plankton feeder, it can affect eutrophication processes and it can be used as one of the objects in environmental biomanipulation. The food spectrum studies were conducted in summer 2022. The main components of vendace diet are cladocerans and copepods, as well as representatives of the zoobenthic community. The results showed that the diet of vendace is quite stable, but changeable due to some changes in temperature conditions and anthropogenic factors. These changes reflect transformations in the lake ecosystem associated with an increase in the flow of allochthonous substances and a change in the biochemical activity of the biota.

Keywords: vendace, Lake Vishtynetskoye, food spectrum, Vishtynetsky National Park, recreational load.

Funding: the research has been carried out within the framework of the state assignment topic No. 122030900052-6 "Development of methods for assessing the permissible catch and fishery monitoring of aquatic biological resources, for which the TAC is not established, in inland waters of the Kaliningrad region".

For citation: Krivopuskova E. V., Novozhilov O. A. Features of the diet of the European vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in conditions of increasing anthropogenic load. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):26–39. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39.

ВВЕДЕНИЕ

Ихтиоценозы играют важную роль в динамике продуктивности озер. Вне зависимости от размера водного объекта изменения в качественных и количественных характеристиках рыбного сообщества закономерно приводят к изменениям в первичной продукции, которая в свою очередь характеризует процессы эвтрофирования экосистем. Учитывая возрастающий интерес к моделированию процессов эвтрофирования водоемов, изучение влияния пищевых предпочтений рыб становится значимой задачей. Так, без анализа объемов «выедания» ихтиоценозами фитопланктонных и зоопланктонных сообществ невозможно дать полноценную и достоверную оценку процессам эвтрофирования и динамики первичных продуцентов, в особенности в экосистемах, где рыбы-планктонофаги играют центральную роль.

Как показывает анализ [1], планктонофаги демонстрируют высокую пластичность спектра питания в зависимости от особенностей среды обитания, доступности кормовых объектов и своего пространственного распределения. В изменяющихся условиях среды изменения качественных и количественных характеристик спектра питания могут свидетельствовать о появлении «дестабилизирующих» факторов в среде. В первую очередь такие изменения затрагивают рационы именно рыб-планктонофагов, к которым и относится европейская ряпушка. Так, например, аномальные температурные условия в период нагула европейской ряпушки, низкие температуры, не позволяющие сформироваться термоклин и не «запирающие» ее в пелагиале, могут отражаться в присутствии в рационе представителей зообентосного сообщества, приуроченного к мелководной (хорошо прогреваемой) зоне [2].

Появление дестабилизирующих факторов в первую очередь связывают с развитием рекреационной и хозяйственной деятельности человека в пределах водосборного бассейна водоемов и водотоков, особенно в их прибрежной части, что приводит к увеличению потока аллохтонных веществ в их мелководные биотопы. В настоящее время данные участки отличаются наибольшей нестабильностью экологических условий, в то же время именно здесь формируются основные объемы первичной продукции, на которой в дальнейшем основываются все трофические связи в экосистеме. Влияние антропогенного воздействия может приводить к нарушению термического режима, процессов формирования биологической продукции и трансформации органического и биогенных веществ, также изменения абиотических факторов отражаются в изменении биохимической активности биоты [2, 3]. Кроме того, возрастающая антропогенная нагрузка на прибрежные акватории приводит к изменению качественных и количественных характеристик фито- и зоопланктонных сообществ, смене доминирующих групп и нарушениям в сезонной динамике популяций.

Озеро Виштынецкое – уникальный природный объект на территории Калининградской области, который длительное время не привлекал большого количества отдыхающих на свое побережье. Главными причинами, отталкивающими отдыхающих, были удаленность от крупных административных центров, слабое развитие дорожной сети и сопутствующей инфраструктуры, большой интерес к морскому побережью. Еще одним ограничивающим фактором стал особый юридический статус озера – по его акватории проходит российско-литовская граница,

тем не менее в последние годы увеличилось количество отдыхающих в прибрежной части и койко-мест на базах отдыха. Возросший поток отдыхающих приводит к изменениям в экосистемах озера, особенно это заметно в зонах оборудованных пляжей и «неорганизованного» кемпинга [4]. В первую очередь такие изменения связаны с увеличением поступления органического и биогенных веществ, что оказывает прямое влияние на фито- и зоопланктон и косвенное на ихтиоценозы. Особенностью ихтиоценоза озера Виштынецкого, делающего его уникальным для Калининградской области, является присутствие в нем двух представителей арктического фаунистического комплекса рода *Coregonus* – сига обыкновенного (*Coregonus lavaretus*, Linnaeus, 1758) и европейской ряпушки (*Coregonus albula*, Linnaeus, 1758). Обе популяции – промысловые, популяция европейской ряпушки в Калининградской области обитает только в этом озере.

Европейская ряпушка *Coregonus albula* (L.) – это стайный среднеразмерный вид, обитающий в пелагической части озер Северной Европы, а также в Финском и Ботническом заливах. Как и другие представители рода *Coregonus*, европейская ряпушка предпочитает водоемы с высоким содержанием кислорода и низкой температурой. Это типичный вид планктонофага, однако в период гомотермии в питании половозрелых особей могут встречаться и представители зообентоса. Ввиду этих особенностей европейская ряпушка остро реагирует на изменения в окружающей среде, в особенности, связанные с изменением климата и антропогенной нагрузкой. Исследования [2, 5, 6] популяций данного вида в мезотрофных и эвтрофных озерах показали, что в первую очередь происходит увеличение темпов роста и закономерное изменение размерной структуры популяции при сохранении возрастной, что связано с возросшим объемом доступной кормовой базы.

Имеющую промысловую значимость в озере Виштынецком ряпушку относят к виду-индикатору процессов эвтрофирования. Исследования структурных показателей данной популяции проводятся ежегодно. В последние годы остро стоит вопрос о поиске закономерностей между экологическим состоянием пелагической части озера и параметрами популяции европейской ряпушки как наиболее массового вида пелагиали (составляет до 90 % численности и до 80 % биомассы от всего пелагического ихтиоценоза) [7].

Ввиду вышеуказанных особенностей анализ структуры популяции, наряду с результатами исследования питания европейской ряпушки и анализа пищевых компонентов других планктоноядных видов, может быть использован для получения оценки не только состояния ихтиоценоза и напряженности трофических связей в нем, но и темпов эвтрофирования озера Виштынецкого. В рамках данного исследования авторы выявили главные особенности рациона европейской ряпушки в современных изменяющихся условиях, которые в дальнейшем могут быть использованы для корректировки планов управления популяцией и разработки природоохранных мер для сохранения всей экосистемы озера.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Озеро Виштынецкое расположено на юго-востоке Калининградской области, на границе Российской Федерации, Литовской Республики и Республики Польша, в Национальном парке «Виштынецкий». Это типичное олиготрофное

озеро, находящееся в процессе экологической трансформации под воздействием естественных и антропогенных факторов. В настоящее время трофический уровень сильно различается между прибрежной частью акватории и ее открытой частью, в целом прибрежные участки оцениваются как мезотрофные, тогда как пелагиальная зона считается олиготрофной, но уже с чертами мезотрофности [8].

Данный водоем находится на окраине Виштынецкой возвышенности, имеет ледниковое происхождение и входит в мазурскую озерную систему [8]. Площадь акватории составляет 18,3 тыс. га, максимальная глубина – 54 м, средняя – 20 м. Пелагическая зона озера занимает более 50 % всей площади (рис. 1).

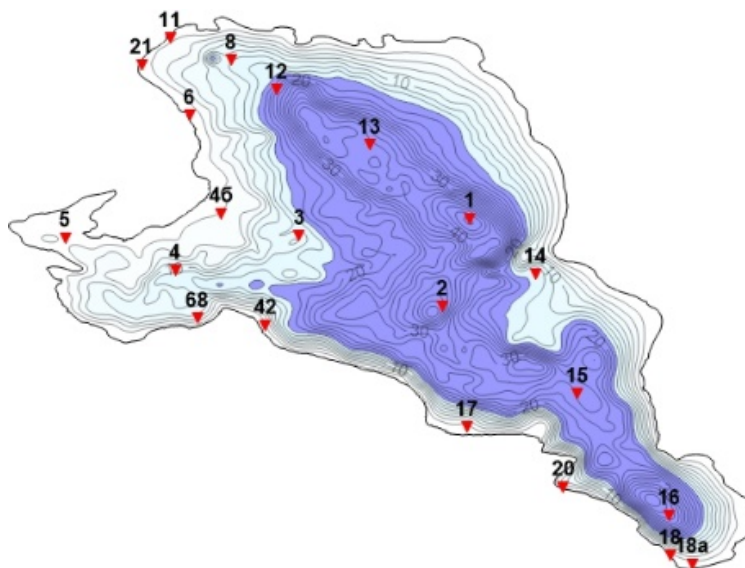


Рис. 1. Пелагиальная часть озера Виштынецкого
Fig. 1. Pelagic zone of the Vishtynetskoje lake

Одной из главных морфометрических особенностей озера является наличие двух глубоководных котловин – северной (глубина 54 м) и южной (глубина 35 м), разделенных небольшим перешейком глубиной не более 14 м [8]. Именно в этих котловинах в период нагула европейская ряпушка формирует основные скопления, к тому же летняя стратификация в толще способствует увеличению концентрации вида на данных участках и ограничивает доступную кормовую базу. В связи с такими особенностями облов популяции европейской ряпушки для исследования проводился только в этих зонах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования послужили данные, собранные в летний период 2022 г. в рамках мониторинговых работ по оценке состояния промысловых популяций озера. Отбор проб для анализа спектра питания производился параллельно сбору проб зоопланктонного сообщества в рамках мониторинга экологического состояния водоема.

Обловы популяции европейской ряпушки проводились в пелагической зоне озера при помощи разноячейных ставных сетей с шагом ячеи 10, 12, 14, 16,

18 мм, установленных на различных глубинах в пределах южной и северной котловин. Всего в период исследования было отобрано и обработано более 40 образцов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) ряпушки в возрасте 2–5 лет, длиной от 10 до 15 см. Период застоя сетей не превышал 10 ч, для образцов ЖКТ отбирались наиболее свежие особи ряпушки.

Обработка материала выполнялась по стандартным методикам [9, 10] в лабораторных условиях на стереомикроскопе Motic SZM-171 (определение компонентов пищевого комка до рода), более детальная (определение видовой принадлежности) – при помощи исследовательской системы ADF E300B. Идентификация видового состава пищевого комка в основном производилась до вида, а при высокой степени переваренности кормовых объектов – до крупных таксономических групп [10, 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зоопланктон озера Виштынецкого, являющийся основой кормовой базы европейской ряпушки, представлен в пелагиальной зоне достаточно постоянным доминирующим комплексом видов. Проводимые исследования [12] экосистемы озера показали, что он относительно постоянен вне зависимости от пространственных и временных параметров, однако в последние несколько лет отмечаются изменения в процентном соотношении этих видов в экосистеме. Данный комплекс видов в озере не велик и представлен следующими видами: из ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – это *Daphnia cucullata* (Sars, 1862), *Eubosmina coregoni* (Baird, 1857), *Bosmina longirostris* (Müller, 1785), из веслоногих ракообразных (Copepoda) – *Cyclops strenuus* (Fischer, 1851), *C. scutifer* (Sars, 1863), *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853), *Cyclops kolensis* (Lilljeborg, 1901), *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863), *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) и др. [12].

В пространственном распределении зоопланктона имеются закономерные различия, которые отражаются на особенностях качественного и количественного состава питания ряпушки. В пелагиали южной и северной котловин, которая является преимущественным местом обитания ряпушки в летние месяцы, на глубине от 15 до 30–40 м преобладают следующие виды: *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Filinia terminalis* (Plate, 1886), *Daphnia cucullata*, *Eubosmina coregoni*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora kindtii*, *Thermocyclops oithonoides*, *Cyclops scutifer*, *Eudiaptomus graciloides*, а также науплиальные и копеподидные формы представителей отряда *Cyclopoida*.

Как уже говорилось ранее, европейская ряпушка является высокоспециализированным планктонофагом и типичным пелагическим видом. В озере Виштынецком ее популяция, согласно исследованиям [7], формирует ядро пелагического ихтиоценоза (доля встречаемости 70 %). В литорали и сублиторали, на участках с глубиной менее 25 м, частота встречаемости резко падает.

В период исследования размерная структура промысловой части популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого была представлена особями длиной от 9 до 17 см. Размерная группа 14 см стала модальной в уловах 2022 г., ее доля составила 26,1 % от всех выловленных рыб данного вида (рис. 2). Эта размерная структура промысловой части популяции остается неизменной на протя-

жении более 15 лет, однако наблюдаются межгодовые колебания модальной группы [13].

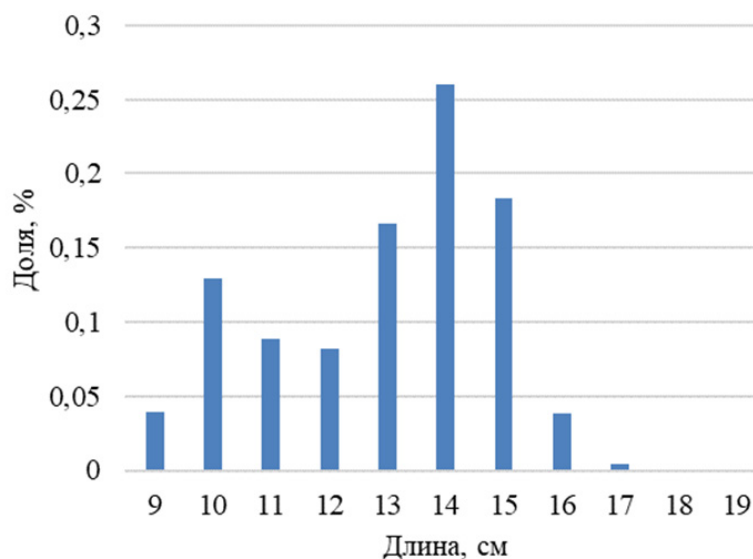


Рис. 2. Размерная структура европейской ряпушки в уловах оз. Виштынецкого в 2022 г. (по численности)

Fig. 2. Size structure of the vendace population in catches in the Vishtynetskoye lake in 2022 (by number)

Доля особей размерами более 16 см достаточно низка, однако в последние годы наблюдается увеличение доли данной размерной группы. Так, в период с 2010 по 2018 гг. эта размерная группа была представлена в уловах единичными особями, с 2020 г. доля «большеразмерных» особей начинает увеличиваться. Относительно низкая численность размерных групп более 15 см закономерно связана с высокой смертностью, в то же время отмеченная тенденция к увеличению их доли в размерной структуре может быть связана с тремя факторами: высоким пополнением, низкой естественной и промысловой смертностью, а также с благоприятным развитием кормовой базы.

В рассматриваемый период в составе пищевого комка европейской ряпушки озера Виштынецкого обнаружено 14 таксономических групп, из них к зоопланктонному сообществу принадлежали только 10, относящихся к массовым пелагическим видам.

В рационе европейской ряпушки главными компонентами были представители ветвистоусых (подотр. Cladocera) и веслоногих ракообразных (подкл. Copepoda). Также единично в питании присутствовали представители класса Insecta (отр. Hydrachnidia, сем. Chironomidae) и сем. Chaoboridae (Chaoborus crystallinus), относящиеся к зообентосному сообществу, у отдельных «малоразмерных» особей (9–10 см) значительную долю пищевого комка составляли водоросли.

Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) в пищевом комке были представлены следующими семействами: Daphniidae, Bosminidae и Leptodoridae. Представители этого подотряда являлись преобладающей группой в питании европейской

ряпушки озера Виштынецкого, их доля составила 77,5 %. Веслоногие ракообразные (Copepoda) представлены отрядами Cyclopoida и Harpacticoida, на их долю приходится 17,42 %. В группу «прочие» были объединены все найденные представители зообентосного сообщества и фитопланктон.

В 2022 г. в пищевом комке европейской ряпушки по численности доминирующими видами среди ветвистоусых ракообразных являлись представители сем. Bosminidae – *Eubosmina coregoni* (54,73 %) и *Bosmina longirostris* (15,47 %). Среди веслоногих ракообразных (Copepoda) доминирующей группой были представители отряда Cyclopoida (14,05 %).

По биомассе также преобладали представители отряда Cladocera (83,4 %). Это связано с их высокой численностью в исследуемых образцах, что закономерно ввиду доминирования данных таксономических групп в пелагической части зоопланктонного сообщества. Биомасса группы «прочее» была мала и составляла 0,04 % от общей биомассы организмов в пищевом комке.

В течение лета 2022 г. главную роль по биомассе в пищевом комке европейской ряпушки играли крупные ветвистоусые ракообразные вида *Daphnia cucullata* (40,34 %), доля веслоногих ракообразных, несмотря на относительно крупные размеры особей, была невысока. Также в ходе исследований обнаружена новая морфа вида *Eubosmina coregoni* – *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, которая не упоминалась в исследованиях предыдущих лет. Она имеет более вытянутую форму, больший размер по сравнению с классической морфой и, соответственно, большую массу. Частота встречаемости вида *Eubosmina coregoni*, включая морфу *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, в 2022 г. составила 58,3 % в пищевом комке.

Как и в предыдущие годы [14], в отдельных образцах ЖКТ зафиксировано множество паразитов в обильной слизи и малое количество пищевых объектов. Самая высокая зараженность приходится на паразита *Proteocephalus exiguus*, что говорит об интенсивном питании ряпушки зоопланктоном, а именно его копепоидными формами представителей подкл. Copepoda. Данный паразит обнаружен в течение всего летнего периода, в кишечнике также находились взрослые паразиты с хорошо сформированной стробилой и совсем молодые формы, что свидетельствует о постоянной инвазии особей европейской ряпушки в озере Виштынецком [14]. Экстенсивность заражения ряпушки очень высокая.

Значимых различий в спектре питания европейской ряпушки с увеличением длины не наблюдалось, что связано с небольшими размерами особей, также отсутствовали значимые различия в расстоянии между жаберными лепестками и жаберными дугами особей разных размерных групп популяции, что характерно для всех «мелких» популяций европейской ряпушки [12]. Зависимость спектра питания от размера особей отмечалась только при сравнении младшевозрастных групп (0+) и старшевозрастных (2+ и более).

Для того чтобы выявить наиболее излюбленные объекты европейской ряпушки в зоопланктонном сообществе озера Виштынецкого, был использован индекс относительной важности IRI (Index of Relative Importance), который позволяет учитывать все недостатки оценки численности, биомасс и частоты встречаемости каждого отдельного вида.

Многочисленные мелкие виды не дают в полной мере оценить значимость малочисленных крупных организмов в питании европейской ряпушки озера Виш-

тынецкого. Согласно литературным источникам они – излюбленные объекты данного вида, к слову, различная активность пищеварения у особей искажает биомассу организмов, а частота встречаемости чувствительна к погрешности выборки. Данный индекс позволяет исключить эти погрешности и выявить наиболее важные компоненты в спектре питания ряпушки (табл. 1). Анализ данных показал, что даже с учетом влияния многочисленных мелких организмов важными пищевыми объектами ($IRI > 10$) были виды *Eubosmina coregoni* и *Bosmina longirostris*, доминирующие по численности и биомассе, также к группе важных объектов можно отнести представителей отряда *Cyclopoida*, вид *Daphnia cucullata* и морфу *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*.

Таблица 1. Индекс относительной важности (IRI)
Table 1. Relative Importance Index (IRI)

Вид	Встречаемость, %	IRI, 2022 г.	IRI, 2012 г. [12]
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1776)	77,70	27,56	24,78
<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer, 1776)	2,8	0,56	–
сем. Chironomidae	16,7	3,51	3,46
подкл. Copepoda	30,5	6,85	6,77
отр. Cyclopoida	58,3	19,85	19,15
<i>Cyclops abyssorum</i> (Sars, 1863)	8,3	1,69	–
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars 1862)	58,3	13,26	15,03
<i>Eubosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	91,7	68,52	67,01
<i>Eubosmina coregoni morpha berolinensis</i> (Baird, 1857)	58,3	14,22	–
отр. Harpacticoida	8,3	1,68	–
отр. Hydrachnidia	38,9	8,87	–
кл. Insecta	8,3	1,70	0,99
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	5,5	1,10	2,14
<i>Megacyclops</i> sp. (Marsh, 1920)	2,8	0,57	–
<i>Sida crystalline</i> (Müller, 1776)	2,8	0,56	–

Сравнительный анализ данных о рационе европейской ряпушки в период 1975–2022 гг. показал (табл. 2), что за последние 50 лет спектр питания особей популяции претерпел некоторые изменения. В 2022 г. в питании ряпушки появляются такие объекты, как *Hydrachnidia*, *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, *Sida crystalline*, которые отмечались в предыдущих исследованиях.

К неизменным пищевым объектам можно отнести *Daphnia cucullata*, различных представителей отр. *Cyclopoida*, *Eubosmina coregoni* и *Leptodora kindtii*. Однако необходимо отметить, что по сравнению с предыдущими годами *Leptodora kindtii* в 2022 г. представлена единичными экземплярами в ЖКТ, тогда как ранее частота встречаемости данного вида была намного больше. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* с 2012 г. не отмечен в рационе европейской ряпушки, хотя согласно прошлым исследованиям являлся излюбленным объектом питания.

Таблица 2. Сравнительный анализ спектра питания европейской ряпушки в озере Виштынецком в различные годы

Table 2. Comparative analysis of the food spectrum of the vendace in Lake Vishtynetskoje in different years

Вид	1975	1987	2012 [12]	2022
<i>Eubosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	+	–	+	+
<i>Eubosmina coregoni morpha berolinensis</i> (Baird, 1857)	–	–	–	+
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1776)	–	+	–	+
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars 1862)	–	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i> (Sars 1861)	+	+	–	–
<i>Daphnia longispina</i> (Müller, 1785)	+	–	–	–
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+	+	+
<i>Sida crystalline</i> (Müller, 1776)	–	–	–	+
<i>Chidorus sphaericus</i> (Kurz, 1874)	+	+	+	–
<i>Bythotrephes longimanus balticus</i> (Leydig, 1860)	+	+	+	–
<i>omp. Cyclopoida</i> (Burmeister, 1834)	+	+	+	+
<i>Cyclops abyssorum</i> (Sars, 1863)	+	–	–	+
<i>Megacyclops sp.</i> (Marsh, 1920)	+	–	–	+
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	–	+	–	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	–	–
<i>Cyclops scutifer</i> (Sars, 1863)	–	+	–	–
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lillijeborg, 1888)	+	–	+	–
<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer, 1776)	–	–	+	+

В целом спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в полной мере отражает структуру зоопланктонного сообщества его пелагиальной зоны. Изменения, отмеченные в результате исследования, наблюдаются также в структуре зоопланктона. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* практически не встречается в озере и полностью отсутствует в рационе исследуемого объекта, доли видов *Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus graciloides* и *Heteroscope appendiculata* в окружающей среде также низки.

Европейская ряпушка является одним из массовых видов ихтиоценоза озера Виштынецкого и наряду с абиотическими факторами своим пищевым поведением влияет на структурные показатели зоопланктонного сообщества. Увеличение пресса хищника в периоды «высоких концентраций» в пелагиальной зоне озера закономерно приводит к уменьшению средних размеров и снижению численности, в отдельных случаях до полного исчезновения крупных форм зоопланктона. Одной из главных причин более высокого пресса хищника на крупноразмерные виды зоопланктонного сообщества пелагиали со стороны европейской ряпушки является особенность пищевого поведения, а именно использование зрительных органов при добывании пищи, поэтому видовой состав рациона зависит не только от качественной структуры зоопланктона, но и от оптических характеристик окружающей среды и заметности кормовых организмов. К таким видам, с

высокой заметностью, относятся *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus balticus*, *Heteroscope appendiculata*.

Большие и неспособные в полной мере противостоять течению ветвистоусые рачки (*Cladocera*), в особенности *Daphnia* sp., зачастую служат кормовым объектом для европейской ряпушки. Мелкие кладоцеры (*Cladocera*), такие как *Eubosmina* sp., используются в пищу в большом количестве, когда они обильны в окружающей среде, а крупные ветвистоусые редки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Являясь основой кормовой базы европейской ряпушки озера Виштынецкого, зоопланктон как сообщество короткоцикловых видов по сравнению с зообентосом или ихтиофауной при формировании биомассы более чувствителен к влиянию физико-химических параметров среды. Следовательно, его видовой состав изменяется в более короткие сроки в межсезонном и годовом аспектах, что связано с изменением абиотических факторов в среде обитания. В то же время он обеспечивает благополучное функционирование ихтиоценоза, в особенности популяций рыб-планктонофагов. Сдвиг пиков развития в сезонной динамике зоопланктонного сообщества при несовпадении с циклами развития рыб, особенно в период формирования основного пополнения популяций, может стать катастрофическим, а формирование избыточной биомассы зоопланктона – привести к увеличению темпов линейного роста в популяции и включению в промысел относительно крупных неполовозрелых особей, что также влияет на воспроизводительные способности отдельных популяций, например, европейской ряпушки [15].

Спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецкого зависит от ряда факторов, таких как структурные показатели кормовой базы и уровень ее развития, температура воды, хищничество, стадия развития рыбы. Также для данного вида характерны незначительные различия в спектре питания в зависимости от размера, за исключением младшевозрастных групп (0+), ввиду отсутствия возрастной разницы расстояний между жаберными лепестками на жаберных тычинках [12].

В целом рацион европейской ряпушки достаточно стабилен на протяжении длительного периода исследования и представлен 14 основными таксономическими группами. Главными компонентами ее рациона являются представители отряда Cyclopoida и сем. Bosmiidae, но их соотношение существенно зависит от температурных условий в водоеме. Изменения в качественном и количественном составе питания ряпушки приурочены к аномально теплым периодам, а также периодам гомотермии.

В то же время наблюдаются многолетние изменения спектра питания исследуемой популяции, отражающие изменения, происходящие в экосистеме озера на более низких трофических уровнях и связанные с увеличивающимися темпами антропогенной нагрузки, изменениями в водном балансе озера и климатическими изменениями в регионе. Кроме этого, наблюдаемые особенности и видовые структуры пищевого комка в полной мере отражают аномалии в пространственном распределении популяции.

Список источников

1. Стрельникова А.П., Березина Н.А. Разнообразие пищевого спектра ряпушки в водоемах Евразии // Трансформация экосистем. 2021. № 4(3). С. 1–15 DOI: 10.23859/estr-210329.
2. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Ińsko (European Central Plains Ecoregion, Poland) / P. Czerniejewski, A. Strzelczak, S. Machula, M. Martinez-Bracero // Journal of Water and Land Development. Special Issue. 2022. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.
3. Droppers B., Franssen W. H. P., Van Vliet M. T. H., Nijssen B., Fulco L. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5 // Geoscientific Model Development. 2020. V. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13- 5029-2020.
4. Krivopuskova E., Tzvetkova N. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters // Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering. Springer. 2022. P. 41-51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_5.
5. Šarvala J., Helminen H., Ventelä A-M. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population // Fisheries Research. 2020. N 230. P.105664. DOI:10.1016/j.fishres.2020.105664.
6. Lehtonen T. K., Gilljam D., Veneranta L., Keskinen T., Nord M.B. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea // Journal of Fish Biology. 2023. V. 2. P. 1–13. DOI: 10. 1111/jfb.15542.
7. Aldushin A., Shibaev S. Prospects of Development of Small-Scale Fisheries of Vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia // Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering. Springer. 2022. P. 85-96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_9.
8. Берникова Т. А. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое / под ред. К. В. Тылика, С. В. Шибаева. Калининград, 2008. С. 20–40.
9. Методические рекомендации по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / под ред. Е. В. Боруцкого. Москва: Наука, 1974. 253 с
10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 495 с.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т / под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 627 с.
12. Характеристика состава пищи ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) / Е. В. Кривоpuskova, Е. А. Масюткина, А. В. Соколов, М. Н. Шибаев // Известия КГТУ. 2014. № 32. С. 107–115.
13. Кривоpuskova Е.В., Соколов А.В. Изменения размерно-возрастной структуры популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого

(Калининградская область) в период с 2007 по 2016 гг. // Вестник молодежной науки. 2017. № 3 (10). С. 23.

14. Паразитофауна ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого / Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева, Е. В. Авдеева, С. В. Шibaев, Е. А. Григоренко // Известия КГТУ. 2018. № 50. С. 48–56.

15. Wanke T. S., Brämick U., Mehner T. Fast Somatic Growth May Cause Recruitment Overfishing in Vendace (*Coregonus albula*) Gillnet Fisheries // *Annales Zoologici Fennici*. 2021. N 58. P. 271–287. DOI:10.5735/086.058.0412.

References

1. Strel'nikova A. P., Berezina N. A. Raznoobrazie pishchevogo spektra ryapushki v vodoemakh Evrazii [Diversity of food spectra of vendace in the water bodies of Eurasia]. *Transformatsiya ekosistem*, 2021, no. 4 (3), pp. 1–15. DOI: 10.23859/estr-210329.

2. Czerniejewski P., Strzelczak A., Machula S., Martinez-Bracero M. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Insko (European Central Plains Ecoregion, Poland). *Journal of Water and Land Development. Special Issue*. 2022. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.

3. Droppers B., Franssen W. H. P., Van Vliet M. T. H., Nijssen B., Fulco L. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5. *Geoscientific Model Development*. 2020. V. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13- 5029-2020.

4. Krivopuskova E., Tzvetkova N. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer, 2022. P. 41–51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_5.

5. Sarvala J., Helminen H., Ventelä A-M. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population. *Fisheries Research*. 2020. N 230. P. 105664. DOI: 10.1016/j.fishres.2020.105664.

6. Lehtonen T. K., Gilljam D., Veneranta L., Keskinen T., Nord M. B. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*. 2023. V. 2. P. 1–13. DOI: 10.1111/jfb.15542.

7. Aldushin A., Shibaev S. Prospects of Development of Small-Scale Fisheries of Vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer. 2022. P. 85–96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_9.

8. Bernikova T. A. *Fiziko-geograficheskaya i gidrologicheskaya kharakteristika* [Physical-geographical and hydrological characteristics]. *Ozero Vishtynetskoe*. Pod red. K. V. Tylika, S. V. Shibaeva. Kaliningrad, 2008, pp. 20–40.

9. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnosheniy ryb v estestvennykh usloviyakh* [Methodological recommendations for studying the nutrition and food relationships of fish in natural conditions]. Pod red. E. V. Borutskogo. Moscow, Nauka Publ., 1974, 253 p.

10. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii: v 2 t* [Identifier of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia: in 2 volumes]. Pod red. V. R. Alekseeva, S. Ya. Tsalolikhina. Moscow, T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, vol. 1, 495 p.
11. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy: v 6 t* [Identifier of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories: in 6 volumes]. Pod red. S. Ya. Tsalolikhina. SPb, Nauka Publ., 1995, vol. 2, 627 p.
12. Krivopuskova E. V., Masyutkina E. A., Sokolov A. V., Shibaev M. N. Kharakteristika sostava pishchi ryapushki (*Coregonus albula*, L) озера Vishtynetskogo (Kaliningradsкая область) [Characteristics of the food composition of vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region)]. *Izvestiya KGTU*, 2014, no. 32, pp. 107–115.
13. Krivopuskova E. V., Sokolov A. V. Izmeneniya razmerno-vozrastnoy struktury populyatsii evropeyskoy ryapushki озера Vishtynetskogo (Kaliningradsкая область) v period s 2007 po 2016 gg. [Changes in the size and age structure of the vendace population of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in the period from 2007 to 2016]. *Vestnik molodezhnoy nauki*, 2017, no. 3 (10), p. 23.
14. Evdokimova E. B., Zaostrovseva S. K., Avdeeva E. V., Shibaev S. V., Grigorenko E. A. Parazitofauna ryapushki (*Coregonus albula*, L) озера Vishtynetskogo [Parasitic fauna of vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoe]. *Izvestiya KGTU*, 2018, no. 50, pp. 48–56.
15. Wanke T. S., Brämick U., Mehner T. Fast Somatic Growth May Cause Recruitment Overfishing in Vendace (*Coregonus albula*) Gillnet Fisheries. *Annales Zoologici Fennici*. 2021. N 58. P. 271–287. DOI:10.5735/086.058.0412.

Информация об авторах

Е. В. Кривоpuskova – научный сотрудник Института рыболовства и аквакультуры

О. А. Новожилов – кандидат биологических наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры

Information about the authors

E. V. Krivopuskova – research fellow at the Institute of Fisheries and Aquaculture

O. A. Novozhilov – PhD in Biology, associate professor, director of the Institute of Fisheries and Aquaculture

Статья поступила в редакцию 06.03.2025; одобрена после рецензирования 16.03.2025; принята к публикации 26.03.2025.

The article was submitted 06.03.2025; approved after reviewing 16.03.2025; accepted for publication 26.03.2025.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Научная статья

УДК 634.1.076:635.1/.8:664.87

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-43-57

**Технология специализированного напитка для спортивного питания
на основе функциональных пищевых добавок из фруктов и овощей
пониженного качества**

Вадим Александрович Карлов¹, Ольга Яковлевна Мезенова²

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

¹ vaden1410@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1547-5772>

² mezenova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Аннотация. Вовлечение общества в активный образ жизни и занятия спортом обусловило рост потребности в специализированном спортивном питании. Данный сегмент рынка долгое время был зависим от импортных поставок. Актуальность разработки отечественного продукта показана в обзоре ассортимента современного спортивного питания. Целью настоящего исследования являлось обоснование применения функциональных пищевых добавок из фруктов и овощей, не пригодных к пищевому использованию по внешним дефектам, в технологии напитка, предназначенного для спортсменов скоростно-силовых видов спорта. Добавки серии «ВИТУМИН» получали путем ферментации яблок, апельсинов, бананов пониженного качества с последующей сублимацией водорастворимой фракции ферментализата. Подобраны компоненты рецептуры сухой смеси напитка (добавка «ВИТУМИН», концентрат сывороточных белков, диоксид кремния, ксантановая камедь, подсолнечный лецитин), обеспечивающие стабилизацию смеси в сухом виде и формирование эмульсионной консистенции в разведенной форме. Путем математического моделирования определено оптимальное содержание основных компонентов напитка белково-углеводной направленности – добавки «ВИТУМИН» и сывороточного белка. Описан технологический процесс изготовления напитка, названного «BioCarb», охарактеризованы органолептические показатели напитка в сухой и растворенной форме. Исследован химический состав продукта: содержание белка – 27,7 %, углеводов – 54,4 %. Определена энергетическая и пищевая ценность напитка, установлена его функциональность по содержанию витаминов (В₁, В₂, С, РР, Р), минеральных веществ (Na, K, Ca, Mg, P, Fe). Спортсменам рекомендуется употреблять 190 г напитка при разведении в воде или молоке в тренировочный период один раз, в соревновательный период – два раза. Качество и технологический процесс изготовления продукта регламентированы в разработанной технической документации (ТУ и ТИ).

Ключевые слова: функциональные пищевые добавки, фрукты и овощи пониженного качества, специализированные продукты спортивного питания, белково-углеводный напиток, скоростно-силовые виды спорта.

Для цитирования: Карлов В. А., Мезенова О. Я. Технология специализированного напитка для спортивного питания на основе функциональных пищевых добавок из фруктов и овощей пониженного качества // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 43–57. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-43-57.

Original article

Technology of a specialized sports drink based on functional food additives derived from lower-grade fruits and vegetables

Vadim A. Karlov¹, Olga Ya. Mezenova²

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

¹ vaden1410@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-1547-5772>

² mezenova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Abstract. Involvement of the society in an active lifestyle and sports has led to an increased need for specialized sports nutrition. This market segment has long been dependent on imported supplies. The relevance of developing a domestic product is substantiated by a review of the range of modern sports nutrition. The purpose of this study was to substantiate the use of functional food additives from fruits and vegetables, unsuitable for food use due to external defects, in the technology of a drink intended for athletes in speed-strength sports. Additives of the VITUMIN series have obtained by fermentation of apples, oranges, bananas of low quality with subsequent sublimation of the water-soluble fraction of the fermentalitate. The components of the dry drink mix recipe (VITUMIN additive, whey protein concentrate, silicon dioxide, xanthan gum, sunflower lecithin) have been selected to ensure stabilization of the mixture in dry form and the formation of an emulsion consistency in diluted form. The optimal content of the main components of a protein-carbohydrate drink – the VITUMIN additive and whey protein – has been determined using mathematical modeling. The paper describes the technological process of manufacturing a drink called BioCarb. The organoleptic properties of the drink in dry and dissolved form are characterized. The chemical composition of the product has been studied: protein content is 27.7%, carbohydrates are 54.4%. The energy and nutritional value of the drink has been determined, its functionality in terms of vitamin content (B₁, B₂, C, PP, P), and minerals (Na, K, Ca, Mg, P, Fe) has been found. Athletes are recommended to consume 190 g of the drink diluted in water or milk once during the training period and twice during the competition period. The quality and technological process of manufacturing the product are regulated in the developed technical documentation (TU and TI).

Keywords: functional food additives, reduced-quality fruits and vegetables, specialty foods, sports nutrition products, protein-carbohydrate drink, speed and power sports.

For citation: Karlov V. A., Mezenova O. Ya. Technology of a specialized sports drink based on functional food additives derived from lower-grade fruits and vegetables. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):43–57. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-43-57.

ВВЕДЕНИЕ

Полезное использование вторичного пищевого сырья является одной из острых проблем в пищевом и аграрном секторах страны, включая Калининградскую область, для решения которой требуются не только административные акты, но и обоснованные технологические разработки [1].

Значительный объем пищевых отходов приходится на фрукты и овощи с внешними дефектами (битость, мягкость, порезы), по которым они относятся к сырью пониженного качества, не поступают в торговлю и не используются в пищевых целях. Это примерно 35 % всего сырья растительного происхождения, что составляет сотни тонн фруктов и овощей в год в Калининградском регионе. Данное сырье богато ценными биологически активными веществами (витамины и минералы, усвояемые углеводы и пищевые, фитопарафармацевтики и др.), использовать которые рекомендуется в здоровом, функциональном и специализированном питании, однако этот уникальный биопотенциал растительного сырья в настоящее время в основном утилизируется [2].

На кафедре пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета (КГТУ) предложено плодовоовощное сырье с внешними дефектами, переработанное ферментативным путем с получением функциональных пищевых добавок, названных «ВИТУМИН», свойства и качество которых зависит от вида сырья. Добавки представляют собой сублимированную водорастворимую фракцию фруктов и овощей, обработанных специфическими ферментами (карбоксигидразами) [3]. Благодаря высокому содержанию биологически активных веществ (БАВ) в своем составе они рекомендуются к применению в различных пищевых продуктах. Целесообразно такие добавки, являющиеся концентратом функциональных ингредиентов, включать в рецептуры специализированного питания для спортсменов, испытывающих повышенные физические нагрузки [4].

Сегодня активный образ жизни и спорт являются одним из наиболее динамично развивающихся социальных направлений в стране и Калининградской области в частности. В регионе выстроена обширная спортивная инфраструктура, включающая 468 спортивных залов, 51 плавательный бассейн, 7 стадионов и 1125 плоскостных спортивных сооружений [5]. Параллельно с занятиями физкультурой и спортом развивается рынок спортивного питания как часть российской индустрии «спортпита». До 2010 г. этот сегмент увеличивался в основном за счет поступлений импортной продукции, преимущественно из США, Германии и Канады.

Введение экономических санкций и сокращение объемов импорта с 2014 г. стимулировало развитие отечественного производства продуктов спортивного питания. Одновременно под влиянием трендов на здоровый образ жизни спортивное питание становится все более востребованным. За последние 5 лет производство отечественного «спортпита» увеличилось с 0,97 до 5,88 тыс. т, среднегодовой объем продаж продукции в этот период составил около 8,9 тыс. т [6, 7].

Современное спортивное питание представлено в основном различными источниками белка (протеинами) и аминокислот, белково-углеводными смесями (гейнерами), витаминными и минеральными комплексами, отдельными соединениями в форме специализированных добавок и продуктов (батончиков, напитков,

кондитерских изделий) [7]. Однако производство данных продуктов сталкивается сегодня с рядом проблем, включая параллельный («серый») импорт, что существенно повышает стоимость продукции при ее сомнительном качестве [8].

Основными инновационными направлениями в развитии рынка спортивного питания сегодня являются высокобелковые композиции со сбалансированным аминокислотным составом, высокоэнергетические белково-углеводные продукты с «быстрой» энергией, витаминно-минеральные комплексы [6]. Особой популярностью пользуются белково-углеводные напитки (гейнеры), которые влияют на рост мышечной массы и эффективность восстановления после интенсивных физических нагрузок, снабжая организм спортсмена «строительными материалами» (аминокислотами) и энергией (усвояемыми моно-, ди- и олигосахарами). Основные компоненты их состава – сывороточный белок, казеин, соевый белок, а также глюкоза, фруктоза, мальтодекстрин, овсяная мука и другие углеводы [9].

Наиболее популярными видами спорта в нашей стране являются скоростно-силовые. К ним относятся тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, гиревой спорт, бодибилдинг, кроссфит и другие, требующие интенсивной физической нагрузки и высокой степени функциональной адаптации. Тренировочный процесс и участие в соревнованиях в данных дисциплинах характеризуются экстремальными энергетическими и силовыми затратами, вовлекающими ресурсы нервно-мышечной, сердечно-сосудистой и других систем. В процессе адаптации организм на молекулярном уровне требует поддержания всех функциональных систем, обеспечивающих повышенную устойчивость к экстремальным воздействиям [10]. Для этого важно сбалансированное питание с достаточным поступлением биологически активных веществ с высокой физиологической и энергетической ценностью. Рациональным видом продукта этого типа являются гейнеры в форме концентрированных растворимых порошков с поликомпонентным составом [10, 11].

Получение гейнеров для спортивного питания на основе функциональной пищевой добавки «ВИТУМИН из натуральных фруктов и овощей с небольшими внешними дефектами» представляется перспективным направлением развития пищевого и биотехнологического сектора в Калининградской области.

Цель настоящей работы – обоснование технологии порошкообразного специализированного белково-углеводного напитка, предназначенного для спортсменов скоростно-силовых видов спорта, на основе биологически активных веществ ферментированных фруктов пониженного качества.

Соответствующими задачами работы являлись:

- разработка рецептуры специализированного белково-углеводного напитка для спортсменов в сухой форме;
- обоснование основных технологических операций в получении напитка;
- оценка показателей качества и пищевой ценности специализированного напитка;
- разработка документации и рекомендаций по употреблению специализированного напитка спортсменами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на лабораторной базе кафедры пищевой биотехнологии КГТУ в соответствии с методологической схемой, представленной на рис. 1.

Основными ингредиентами специализированного напитка являлись:

- фруктовая функциональная пищевая добавка серии «ВИТУМИН», изготовленная ферментированием яблок, апельсинов, бананов пониженного качества с последующей сублимационной сушкой водорастворимой фракции (ТУ 10.89.19.210-XXX-00471544–2024); добавка представляет собой концентрат БАВ данных фруктов, в том числе моно- и дисахаров, витаминов (С, Р, группы В), минеральных веществ (К, Na, Ca, Mg, Fe и т. д.), а также ценных фитосоединений, обладает приятными органолептическими показателями, свойственными натуральным фруктам, что обуславливает аромат, вкус и привлекательность продукта [4];
- концентрат сывороточных белков (КСБ–80), отвечающий требованиям ГОСТ Р 53456 – 2022, как источник полноценного белка, минеральных веществ, аминокислот и пептидов [12, 13].

Схема экспериментальных исследований приведена на рис. 1.



Рис. 1. Общая методологическая схема исследования

Fig. 1. General methodological scheme of the study

Для повышения хранимостпособности продукта и улучшения его органолептических свойств в составе сухой формы напитка использовали пищевые добавки, обладающие антислеживающим и эмульгирующим эффектами (табл. 1).

Определение физико-химических показателей качества специализированного напитка осуществляли с применением стандартных и общепринятых методов: массовую долю влаги – гравиметрическим методом (ГОСТ 34454-2018), содержание белка – методом Кьельдаля (ГОСТ 15113.4-2021), содержание жира – методом Сокслета (ГОСТ 7636-85), содержание общих углеводов – расчетно-аналитическим методом. Индекс растворимости порошка определяли измерением нерастворившегося осадка (ГОСТ 30305.4-95), содержание витамина С – методом йодометрии, содержание дубильных веществ – перманганатометрическим методом. Органолептические показатели напитка (в сухом и разведенном состоянии) оценивали описательно (ГОСТ 8756.1-2017) и по 15-балльной шкале. Показатели пищевой и энергетической ценности определяли расчетным методом.

Таблица 1. Характеристика пищевых добавок в составе напитка
Table 1. Characteristics of food additives used in the composition of the drink

Название ПД	Индекс ПД	Документ	Функция ПД
Диоксид кремния	E551	ГОСТ 34145-2017 ГОСТ 9428-73	Предотвращения агрегации компонентов порошка при хранении
Ксантановая камедь	E415	ГОСТ 33333-2015	Стабилизация консистенции при формировании раствора
Подсолнечный лецитин	E322	ГОСТ 32052-2013	Эмульгатор, оказывает влияние на равномерность получаемого раствора, обеспечивая его однородность и стабильность

Для оптимизации рецептуры специализированного напитка по содержанию основных компонентов проводили математическое моделирование методом ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) 2-го порядка для двух факторов: X_1 – дозировка сывороточного протеина (30–40 %), X_2 – дозировка функциональной фруктовой добавки «ВИТУМИН» (55–60 %). В качестве параметра оптимизации использовали обобщенный показатель (Y), объединяющий частные отклики, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Частные отклики обобщенного параметра оптимизации и их «идеальные» значения

Table 2. Particular responses of the generalized optimization parameter and their "ideal" values

Наименование частного отклика	«Идеальное» значение
Y_1 – расчетная суточная потребность в белке (РСП), %	25
Y_2 – содержание витамина С, мг/100 г	50
Y_3 – органолептическая оценка смеси, баллы	15

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования устанавливали содержание основных компонентов в рецептуре напитка. Прежде всего определяли количественное соотношение основных источников усвояемых углеводов, БАВ (добавки «ВИТУМИН», полученной на основе ферментированных яблок, бананов и апельсинов пониженного качества) и усвояемых незаменимых аминокислот (концентрата сывороточного протеина). Эти добавки в составе напитка определяют его основной специализированный профиль в классификации продуктов спортивного питания – белково-углеводный, называемый гейнером. В результате эксперимента по оптимизации содержания сывороточного протеина и функциональной пищевой добавки «ВИТУМИН» были получены данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3. План эксперимента и результаты его осуществления при оптимизации рецептуры белково-углеводного продукта «BioCarb»

Table 3. Experimental plan and results of its implementation during optimization of the formulation of protein-carbohydrate product "BioCarb"

№	Значение измеряемых факторов в опытах					Частные отклики			Обобщенный параметр оптимизации, Y
	X ₀	Количество вносимого порошка сывороточного протеина		Количество вносимого порошка водорастворимой добавки		Y ₁	Y ₂	Y ₃	
		X ₁	Нат., %	X ₂	Нат., %				
1	+1	+1	40	+1	65	27,6	46,8	12	0,0548
2	+1	-1	30	+1	65	20,7	46,8	9	0,1938
3	+1	+1	40	-1	55	27,6	39,6	11,3	0,1165
4	+1	-1	30	-1	55	20,7	39,6	6,8	0,3755
5	+1	+1	40	0	60	27,6	43,2	13,5	0,0392
6	+1	-1	30	0	60	20,7	43,2	8,3	0,2507
7	+1	0	35	+1	65	24,1	46,8	12	0,0453
8	+1	0	35	-1	55	24,1	39,6	9,8	0,1670
9	+1	0	35	0	60	24,1	43,2	14,3	0,0222

После обработки данных по алгоритму ОЦКП были получены математические модели рецептуры напитка в кодированном (1) и натуральном (2) видах, где Б и У – соответственно дозировки сывороточных белков и добавки «ВИТУМИН», выраженные в натуральных единицах измерения (% к массе смеси):

$$Y = 0,1405 - 0,1016X_1 - 0,0608X_2 + 0,03X_1X_2 + 0,0927X_1^2 + 0,0542X_2^2 \quad (1)$$

$$Y = 16,4484 - 0,35188Б - 0,31432У + 0,0012БУ + 0,003708Б^2 + 0,002168У^2 \quad (2)$$

На основе полученных зависимостей была построена геометрическая модель рецептуры (рис. 2), а также найдены оптимальные значения факторов, обуславливающих минимизацию обобщенного параметра оптимизации (содержание

сывороточного протеина (Б) – 36,5 %, содержание добавки (У) «ВИТУМИН» – 61,7 %).

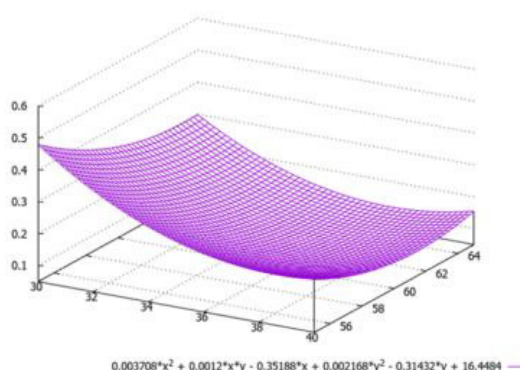


Рис. 2. Геометрическая модель содержания сывороточного белка и функциональной пищевой добавки в составе белково-углеводного напитка «BioCarb»

Fig. 2. A geometric model of whey protein content and functional food additive in a protein-carbohydrate beverage "BioCarb"

На основе полученных данных была разработана базовая рецептура специализированного белково-углеводного продукта «BioCarb», представленная в табл. 4.

Таблица 4. Рецептура специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb»
Table 4. Content of main components in the formulation of specialized protein-carbohydrate drink "BioCarb"

Компонент смеси	Содержание, г/100 г
Концентрат сывороточных белков (КСБ-80)	36,5
Фруктовая функциональная добавка серии «ВИТУМИН»	61,7
Диоксид кремния (E551)	0,7
Ксантановая камедь (E415)	0,3
Лецитин подсолнечный (E322)	0,8
ИТОГО:	100,0

Получение специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb», предназначенного для спортсменов скоростно-силовых видов спорта, представлено в технологической схеме (рис. 3).

Основной операцией при получении специализированного напитка является смешивание компонентов, которое рекомендуется проводить в течение 20 минут при скорости вращения мешалки 12 об./мин для их равномерного распределения и минимизации возможной агрегации. Для удаления агрегированных частиц и обеспечения однородности системы смесь просеивают через сита с диаметром отверстия 800–1000 мкм. Дозирование порошка предусматривается в пластиковые банки с герметичными крышками массой 1 кг. Хранение продукта проводится при температуре не выше 20 ± 2 °C и относительной влажности воздуха не более 75 % в условиях, исключающих воздействие прямого солнечного света.



Рис. 3. Технологическая схема получения специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb» в сухой форме
Fig. 3. Technological scheme for obtaining a specialized protein-carbohydrate drink "BioCarb" in a dry form

Органолептическая оценка разработанного специализированного белково-углеводного напитка в сухом и разведенном виде (в воде) приведена в таблице 5.

Таблица 5. Результаты органолептической оценки специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb» в сухой и разведенной в молоке форме
Table 5. Results of organoleptic evaluation of specialized protein-carbohydrate drink "BioCarb" in a dry and milk-diluted form

Показатель	Характеристика
В сухой форме	
Внешний вид	Продукт в форме порошка, состоящий из единичных и/или агломерированных частиц, с присутствием незначительного количества мелких частиц, характерных для входящей в состав добавки «ВИТУМИН»
Цвет	Окраска порошка однородная, от светло-кремового до кремового, с мелкими включениями характерного цвета (цвет вносимой добавки «ВИТУМИН»: от светло-коричневого до коричневого).
Запах	Приятный, фруктовый, сладкий, умеренно сладкий с легким ароматом цитрусовых и сывороточных белков, посторонние запахи отсутствуют
Вкус	Приятный, сладковатый, свойственный основным ингредиентам добавки «ВИТУМИН», без выраженных посторонних привкусов
В разведенной форме (190 г порошка растворены в 200 мл молока)	
Внешний вид	Однородный, от белого до светло-бежевого, с мелкими включениями, характерными для вносимой добавки «ВИТУМИН», равномерно распределенными по всему объему

Консистенция	Однородная, в меру густая эмульсия, ощущаются частицы вносимой добавки, равномерно распределенной по всему объему. Присутствует небольшой слой пены после взбалтывания
Запах	Чистый, сладкий, молочный запах с легким фруктовым оттенком, характерным для использованной добавки «ВИТУМИН»
Вкус	Приятный, сладкий, молочный, насыщенный, с присутствием выраженного фруктового привкуса, характерного для состава используемой добавки «ВИТУМИН». Посторонние привкусы отсутствуют

Приведенные данные (табл. 5) свидетельствуют об органолептической привлекательности разработанного напитка, что потенциально будет способствовать его популяризации среди спортсменов.

В соответствии с разработанной рецептурой и предложенной технологической схемой был изготовлен опытный образец напитка в сухом виде, в котором определены физико-химические показатели, представленные в табл. 6.

Из данных табл. 6 видно, что разработанный продукт характеризуется высоким содержанием белка и углеводов (соответственно 27,7 % и 54,4 %) при низкой жирности (не более 2,5 %), что соответствует требованиям, предъявляемым к составам гейнеров, предназначенных для восстановления пластических и энергетических нужд организма [14, 15]. Следует отметить высокое содержание в напитке витамина С (44 мг%) и дубильных веществ, обладающих Р-витаминной активностью (75 мг%), что свидетельствует о его стимулирующем и антиоксидантном влиянии на процессы восстановления в организме спортсмена.

Таблица 6. Физико-химические показатели качества специализированного белково-углеводного напитка для спортсменов «BioCarb» в сухой форме

Table 6. Physicochemical quality indicators of the specialized protein-carbohydrate drink for athletes "BioCarb" in a dry form

Наименование показателя	Значение
Массовая доля белка в сухом веществе, %, не менее	27,7
Массовая доля жира, %, не более	2,5
Массовая доля общих углеводов, %, не менее	54,4
Массовая доля влаги, %, не более	6,8
Содержание витамина С, мг%, не менее	44,0
Содержание дубильных веществ, мг%, не менее	75,0
Индекс растворимости, см ³ сырого остатка, не более	0,3

Показатели пищевой и энергетической ценности разработанного напитка представлены в табл. 7.

Таблица 7. Результаты оценки биологической и энергетической ценности специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb» в сухом виде
Table 7. Results of estimation of biological and energy value of specialized protein-carbohydrate drink "BioCarb" in a dry form

Показатель	Единицы измерения	Среднее количество в массе продукта		Степень удовлетворения суточной потребности ¹ , %
		100 г	190 г	
Энергетическая ценность	ккал/кДж	363,6/ 1521,3	690,8/ 2890,3	7,27 / 13,81
Белки	г	27,7	52,6	24,6 / 46,7
Жиры	г	2,5	4,7	1,6 / 3,0
Углеводы	г	54,4	103,4	9,3 / 17,6
Вода	г	6,7	6,7	-/-
Витамины				
Тиамин (В ₁)	мг	0,20	0,38	13,3 / 25,3
Рибофлавин (В ₂)	мг	0,17	0,32	9,4 / 17,7
Аскорбиновая кислота (С)	мг	46,85	89,05	23,4 / 44,5
Ниацин (РР)	мг	2,05	3,89	10,3 / 19,5
Витамин Р	мг	73,96	140,52	36,9 / 70,3
Минеральные вещества				
Натрий	мг	142,24	270,25	10,9 / 20,8
Калий	мг	1584,56	3010	63,4 / 120,4 ²
Кальций	мг	110,22	209,41	11,0 / 20,9
Магний	мг	109,64	208,31	27,4 / 52,1
Фосфор	мг	109,38	207,82	13,7 / 25,9
Железо	мг	7,71	14,64	77,1 / 146,4 ²

Примечание: ¹ – согласно МР 2.3.1.2432-08 для 5-й группы мужчин по физической активности (очень высокая физическая активность); ² – согласно МР 2.3.1.2432-08 верхний допустимый уровень не установлен.

На основании данных табл. 7 можно сделать вывод, что при потреблении рекомендуемой суточной дозы специализированного напитка (190 г) организм спортсмена обеспечивается адекватным количеством БАВ, оказывающих положительное влияние на метаболизм, энергетический и пластический баланс, работу всех функциональных систем и восстановление организма спортсмена [16]. Полученные данные свидетельствуют также о функциональности спроектированного напитка по содержанию белков и углеводов (степень удовлетворения соответственно 46,7 % и 17,6 %), витаминов группы В, С, РР и Р (степень удовлетворения 17,7–70,3 %), минеральных веществ Na, K, Ca, Mg, P, Fe (степень удовлетворения 20,8–146,4 %). Однократное употребление порции продукта (190 г) обеспечивает организм 690,8 ккал, что составляет 13–15 % суточной потребности в энергии спортсмена. Данный фактор особенно важен в условиях напряженного тренировочного процесса, а также в период соревнований, когда организм находится в нервном стрессе.

С учетом химического состава и энергетической ценности специализированного напитка «BioCarb» были разработаны следующие рекомендации по его применению [17]:

- в подготовительный и переходный периоды тренировочного процесса рекомендуется употреблять 1 порцию (190 г сухой формы) напитка, разведенного в любой жидкости (воде, соке, молоке), сразу после тренировки;
- в предсоревновательный и соревновательный периоды рекомендуется принимать по 2 порции напитка (до и после тренировки/соревнования) для поддержания энергетического и пластического баланса и быстрого восстановления.

Качество и технология разработанного специализированного напитка для спортсменов были регламентированы в проекте технической документации: технические условия ТУ 10.89.19.210-XXX-00471544–2024 «Напиток сухой белково-углеводный для питания спортсменов “BioCarb”» и соответствующая технологическая инструкция (ТИ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана технология специализированного напитка «BioCarb», предназначенного для спортсменов скоростно-силовых видов спорта, основным компонентом которой являются функциональные пищевые добавки, представляющие собой сублимированный концентрат водорастворимых биологически активных веществ ферментированных фруктов пониженного качества («ВИТУМИН»).

Технология напитка в сухой форме заключается в тщательном смешивании добавки «ВИТУМИН» с другими функциональными компонентами (концентрат сывороточных белков, диоксид кремния, ксантановая камедь, подсолнечный лецитин), обуславливающими сбалансированность состава и стабилизацию свойств, просеивании агрегированных частиц и дозировании смеси в пластиковые банки.

На основе математического моделирования оптимизирована рецептура напитка по содержанию белково-углеводных компонентов – сывороточных белков и добавки «ВИТУМИН», определяющих органолептическую привлекательность продукта и его функциональность по содержанию основных БАВ.

Обоснован прием однократной порции продукта (190 г), что обеспечивает удовлетворение физиологических норм спортсмена в углеводах на 17,6 %, белках – на 46,7 %, витаминах – на 17,7–70,03 %, минеральных веществах – на 20,8–146,4 %. Разработаны рекомендации по применению напитка спортсменами в тренировочный и предсоревновательный/соревновательный периоды. Качество и технология напитка регламентированы в проекте технической документации.

Список источников

1. Харитонов М. С., Демидов Н. А. Перспективы применения ТКО в системах распределенной генерации на территории Калининградской области // VIII международный Балтийский морской форум (5 – 10 октября 2020): материалы. Калининград, 2020. Т. 1. С. 526 – 530.
2. Санкин С. А. Основные направления в организации сбора, транспортировки, обезвреживания и использования твердых бытовых отходов (ТБО) // Технические науки – от теории к практике. 2012. № 12. С. 91 – 98.

3. Мезенова О. Я., Карлов В. А., Гольбрайх А. А. Исследования по применению ферментолиза при комплексной переработке некондиционных фруктов и овощей // XI международный Балтийский морской форум (25 – 30 сентября 2023): материалы. Калининград, 2023. Т. 4. С. 82 – 87.
4. Мезенова О. Я., Карлов В. А., Гольбрайх А. А. Получение функциональных пищевых добавок при комплексной переработке фруктов и овощей пониженного качества с применением методов биотехнологии // Вестник МГТУ. 2024. Т. 27. № 3. С. 302 – 315.
5. Цифра в теме. Физкультура и спорт – Калининградстат. URL: https://39.rosstat.gov.ru/statistical_news/document/176932 (дата обращения 20.06.24).
6. Sports nutrition products raw materials and innovation direction. URL: <https://www.foodchem.com/sports-nutrition-products-raw-materials-and-innovation-direction/> (дата обращения 29.04.24).
7. Бердиев И., Гасанов Т. А. Современные исследования спортивного питания спортсменов // Наука и мировоззрение. 2024. Т. 1. № 23. С. 75 – 81.
8. Спортивное питание. Рынок России. URL: <https://zdrav.expert/index.php> (дата обращения 29.04.24).
9. Медико-биологические аспекты восстановления в профессиональном и любительском спорте / Е. Е. Ачкасов [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018. Т. 13. С. 126 – 132.
10. Питкин В. А., Шабельный А. П. Особенности питания тяжелоатлетов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022, Т. 84. № 2. С. 122 – 127.
11. Штерман С. В., Качак В. В., Штерман В. С. Научные основы формирования состава и потребительских характеристик гейнеров в качестве продуктов интенсивного спортивного питания. Часть I // Пищевая промышленность. 2012. № 5. С. 44 – 48.
12. Петрова М. В. Протеиновые смеси как источник белка в период восстановления после спортивных тренировок // XXVIII научная конференции преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ (05–10 апреля 2021 года): материалы. Великий Новгород, 2021. С. 158 – 162.
13. Зилова И. С., Трушина Э. Н. Белок в рационе спортсменов: обоснование уровней потребления при различной интенсивности тренировок для поддержания мышечной массы тела // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 4. С. 114 – 124.
14. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults / R. W. Morton et al. // British Journal of Sports Medicine. 2018. N 52. P. 347 – 361.
15. Effects of a combined protein and anti-oxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise / S. J. Ives et al. // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2017. P. 1 – 10.
16. Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Re-view of the Literature in Sports Medicine / H. A. Ghazzawi et al. // Sports. 2023. N 6. P. 109 – 151.
17. Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements / A. Amawi et al. // Frontiers in Nutrition. 2024. N 10. P. 1 – 10.

References

1. Kharitonov M. S., Demidov N. A. Perspektivy primeneniya TKO v sistemakh raspredelennoy generatsii na territorii Kaliningradskoy oblasti [Prospects for using solid communal waste in distributed generation systems in the Kaliningrad region]. *Materialy VIII mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma* [Proceedings of the VIII International Baltic Maritime Forum]. Kaliningrad, 2020, vol. 1, pp. 526–530.
2. Sankin S. A. Osnovnye napravleniya v organizatsii sbora, transportirovki, ob-ezvrezhivaniya i ispol'zovaniya tverdykh bytovykh otkhodov (TBO) [Main trends in the collection, transportation, and decontamination of municipal solid waste (MSW)]. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*, 2012, no. 12, pp. 91–98.
3. Mezenova O. Ya., Karlov V. A., Gol'braikh A. A. Issledovaniya po primene-niyu fermentoliza pri kompleksnoy pererabotke nekonditsionnykh fruktov i ovoshchey [Studies on application of fermentolysis in complex processing of substandard fruits and vegetables]. *Materialy XI mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma* [Proceed-ings of the XI International Baltic Maritime Forum]. Kaliningrad, 2023, vol. 1, pp. 82–87.
4. Mezenova O. Ya., Karlov V. A., Gol'braikh A. A. Poluchenie funktsionalnykh pishchevykh dobavok pri kompleksnoy pererabotke fruktov i ovoshchey ponizhennogo kachestva s primeneniem metodov biotekhnologii [Producing food supplements by complex processing of fruits and vegetables of reduced quality using biotechnology meth-ods]. *Vestnik MGTU*, 2024, vol. 27, no. 3, pp. 302–315.
5. Tsifra v teme. Fizkul'tura i sport – Kaliningradstat [Numbers in the Topic. Physical Culture and Sports – Kaliningradstat], available at: https://39.rosstat.gov.ru/statistical_news/document/176932 (Accessed 20 June 24).
6. Sports nutrition products raw materials and innovation direction, available at: <https://www.foodchem.com/sports-nutrition-products-raw-materials-and-innovation-direction/> (Accessed 29 April 24).
7. Berdiev I., Gasanov T. A. Sovremennye issledovaniya sportivnogo pitaniya sportsmenov [Modern Research on Athletes' Sports Nutrition]. *Nauka i mirovozzrenie*, 2024, vol. 1, no. 23, pp. 75–81.
8. Sportivnoe pitanie. Rynok Rossii [Sports Nutrition. Russian Market], availa-ble at: <https://zdrav.expert/index.php> (Accessed 29 April 24).
9. Achkasov E. E. i dr. Mediko-biologicheskie aspekty vosstanovleniya v pro-fessionalnom i lyubitelskom sporte [Medical and Biological Aspects of Recovery in Professional and Amateur Sports]. *Meditinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*, 2018, vol. 13, pp. 126–132.
10. Pitkin V. A., Shabel'nyy A. P. Osobennosti pitaniya tyazheloatletov [Nutri-tional features of weightlifters]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*, 2022, vol. 84, no. 2, pp. 122–127.
11. Shterman S. V., Kachak V. V., Shterman V. S. Nauchnye osnovy formirova-niya sostava i potrebitel'skikh kharakteristik geynerov v kachestve produktov intensiv-nogo sportivnogo pitaniya. Chast' I [Scientific Foundations for the Formation of the Composition and Consumer Characteristics of Gainers as Intensive Sports Nutrition Products. Part I]. *Pishchevaya promyshlennost*, 2012, no. 5, pp. 44–48.
12. Petrova M. V. Proteinovye smesi kak istochnik belka v period vos-tanovleniya posle sportivnykh trenirovok [Protein mixes, as a source of protein during

the recovery period after sports training]. Materialy XXVIII nauchnoy konferentsii prepodavateley, aspirantov i studentov NovGU [Proceedings of the XXVIII Scientific Conference of Teachers, Graduate Students, and Students of NovSU]. Velikiy Novgorod, 2021, pp. 158–162.

13. Zilova I. S., Trushina E. N. Belok v ratsione sportmenov: obosnovanie urovney potrebleniya pri razlichnoy intensivnosti trenirovok dlya podderzhaniya myshechnoy massy tela [Protein in Athletes' Diet: Justification of Consumption Levels at Different Training Intensities for Maintaining Muscle Mass]. *Voprosy pitaniya*, 2023, vol. 92, no. 4, pp. 114–124.

14. Morton R. W. et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*, 2018. N 52. P. 347 – 361.

15. Ives S. J. et al. Effects of a combined protein and anti-oxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2017. P. 1 – 10.

16. Ghazzawi H. A. et al. Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Re-view of the Literature in Sports Medicine. *Sports*, 2023. N 6. P. 109 – 151.

17. Amawi A. et al. Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. *Frontiers in Nutrition*, 2024. N 10. P. 1 – 10.

Информация об авторах

В. А. Карлов – магистрант 1-го курса кафедры пищевой биотехнологии

О. Я. Мезенова – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пищевой биотехнологии

Information about the authors

V. A. Karlov – 1st year master student of the Department of Food Biotechnology

O. Ya. Mezenova – DSc in Engineering, Professor, Head of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 10.02.2025; одобрена после рецензирования 15.02.2025; принята к публикации 19.02.2025.

The article was submitted 10.02.2025; approved after reviewing 15.02.2025; accepted for publication 19.02.2025.

Научная статья

УДК 664.681.1

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-58-71

**Совершенствование рецептуры печенья сдобного безглютенового
с использованием побочных продуктов переработки моркови и тыквы**

Арина Алексеевна Корниенко¹, Екатерина Владимировна Лютова²

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

¹ arina_k@mail.ru

² ekaterina.lyutova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1145-2040>

Аннотация. В статье раскрывается важность разработки продуктов питания для лиц с непереносимостью глютена, число которых, по разным оценкам, составляет до 3 % населения мира. Описан процесс проектирования рецептуры сдобного безглютенового печенья «Осенний цветок» с частичной заменой рисовой муки на порошки жмыха моркови, жмыха тыквы, кожуры тыквы и люпиновую муку. Предложена частичная замена сахарной пудры сухой молочной сывороткой (СМС) с целью восполнения дефицита полноценных белков животного происхождения в составе печенья. Рецептура экспериментальных изделий дополнена заменой сливочного масла на подсолнечное, что позволяет исключить присутствие насыщенных жирных кислот и их транс-изомеров. Методами математического моделирования установлены дозировки функциональных компонентов: 5,1 % порошка жмыха моркови; 4,8 % порошка жмыха тыквы; 5,4 % порошка кожуры тыквы; 5,4 % люпиновой муки; 44,0 % СМС. Тестовые заготовки формуруются отсадкой и выпекаются при 190–200 °С в течение 10–15 мин. Данные органолептического анализа характеризуют печенье «Осенний цветок» как изделия преимущественно правильной формы, с приятным цветом, запахом и вкусом. На основании расчетных и экспериментальных данных о химическом составе печенья было выявлено, что продукт обогащен пищевыми волокнами (13,8 % от суточной нормы), витамином В₂ (14,5 %), бета-каротином (15,3 %) и витамином Е (56,7 %), при этом имеет улучшенное соотношение животного и растительного белка (55:50) и его повышенную биологическую ценность (65,4 %). Также установлено соответствие отдельных физико-химических показателей качества печенья требованиям нормативной документации.

Ключевые слова: безглютеновые кондитерские изделия, безглютеновое печенье, сдобное печенье, порошки из выжимок, жмых моркови, жмых тыквы, кожура тыквы, люпиновая мука, сухая молочная сыворотка.

Для цитирования: Корниенко А. А., Лютова Е. В. Совершенствование рецептуры печенья сдобного безглютенового с использованием побочных продуктов переработки моркови и тыквы // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 58–71. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-58-71.

Original article

Improving the recipe for gluten-free shortbread biscuits using carrot and pumpkin by-products

Arina A. Kornienko¹, Ekaterina V. Lyutova²

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

¹ arina_k@mail.ru

² ekaterina.lyutova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1145-2040>

Abstract. This article reveals the importance of developing food products for people with gluten intolerance, whose number, according to various estimates, is up to 3% of the world's population. The process of designing a recipe for gluten-free shortbread biscuits "Osenniy tsvetok" with a partial replacement of rice flour with carrot pomace powder, pumpkin pomace powder, pumpkin peel powder and lupine flour is described. Partial replacement of powdered sugar with dry milk whey (DMW) is proposed in order to compensate for the deficiency of complete animal proteins in the biscuit. The recipe of the experimental product is supplemented by replacing butter with sunflower oil, that eliminates the presence of saturated fatty acids and their trans isomers. The dosages of functional components have been determined using mathematical modeling methods: 5.1% carrot pomace powder, 4.8% pumpkin pomace powder, 5.4% pumpkin peel powder, 5.4% lupine flour, 44.0% DMW. Dough pieces have been formed by depositing and baked at 190–200 °C for 10–15 minutes. The organoleptic analysis data characterize the "Osenniy tsvetok" biscuits as products of predominantly regular shape, with pleasant color, smell and taste. Based on the calculated and experimental data on the chemical composition of the biscuit, it has been found that the product is enriched with dietary fiber (13.8% of the daily value), vitamin B₂ (14.5%), beta-carotene (15.3%) and vitamin E (56.7%), while it has an improved ratio of animal and vegetable protein (55:50) and its increased biological value (65.4%). It has also been found that individual physicochemical indicators of biscuit quality comply with the requirements of regulatory documentation.

Keywords: gluten-free confectionery products, gluten-free biscuit, shortbread biscuit, pomace powders, carrot pomace, pumpkin pomace, pumpkin peel, lupine flour, milk whey powder.

For citation: Kornienko A. A., Lyutova E. V. Improving the recipe for gluten-free shortbread biscuits using carrot and pumpkin by-products. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025; (77):58–71. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-58-71.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из приоритетных задач пищевой технологии является проектирование качественных и безопасных продуктов питания как общего, так и специализированного назначения. Рынок безглютеновых товаров, по данным зарубежных и отечественных исследований [1, 2], постепенно расширяется; лидерами по выпуску данной продукции являются США и некоторые страны Европы, российское же производство занимает 1 % рынка [3]. Основными потребителями продуктов без

добавления глютена считаются страдающие его непереносимостью, однако на фоне роста интереса к здоровой пище безглютеновые продукты питания стали популярны и среди лиц, не имеющих соответствующего диагноза.

Глютен – это группа белков семян злаковых культур, включающая глиадины и глюteniны пшеницы, секалины ржи, гордеины ячменя и некоторые другие белки [4]. Непереносимость глютена наблюдается при трех заболеваниях: целиакии (наследственном аутоиммунном состоянии, при котором глютенные белки атакуются иммунными клетками [4]), аллергии на пшеницу (активации тучных клеток при попадании глютенных белков в организм [4]) и нецелиакийной чувствительности к глютену (не аллергическом и не аутоиммунном синдроме, этиология которого пока недостаточно изучена [1]). Если симптомы аллергии на пшеницу характерные (покраснение глаз, заложенность носа, зуд и др.), то страдающие другими глютен-зависимыми расстройствами могут испытывать такие желудочно-кишечные симптомы, как боль в животе, вздутие, тошнота, диарея или запор, и такие внекишечные симптомы, как усталость, дерматит, головные боли, стоматит, остеопороз, железодефицитная анемия, дефицит фолиевой кислоты и витамина B12, бесплодие или проблемы с вынашиванием беременности [1, 5]. Воспаление кишечного эпителия как результат работы иммунных клеток может привести к необратимым изменениям в кишечных ворсинках, нарушению всасывания нутриентов и даже к злокачественным новообразованиям в кишечнике [5].

По оценкам врачей, количество диагностированных случаев глютен-зависимых заболеваний растет [4], при этом целиакией страдают от 0,35 до 1 % населения по всему миру, а другими глютен-зависимыми заболеваниями – 1–3 % населения [6–8]. Еще не так давно глютен-ассоциированная патология считалась болезнью отдельных подгрупп европеоидной расы, однако сегодня гены непереносимости также выявлены у жителей стран Ближнего Востока, Северной Африки, Южной Америки и Индии [5]. По современным данным, распространенность заболевания среди населения России составляет 1:167–500 [9], Польши – 1:404, Великобритании – 1:100, США – 1:100–200, Австралии – 1:82–125, Ирана – 1:100, Аргентины – 1:67–681, Японии – 1:20 000 [5].

Основной метод лечения страдающих глютен-зависимыми заболеваниями – безглютеновая диета, которая назначается врачом [4, 10]. Безглютеновая диета имеет свои недостатки, а именно дефицит пищевых волокон, минеральных веществ, в том числе кальция, железа, магния и цинка, витаминов B₂, B₁₂, D, фолиевой кислоты, а также избыток насыщенных жирных кислот [1, 4, 10]. Таким образом, представляется актуальным проектирование сбалансированных безглютеновых продуктов питания, восполняющих дефицит в основных нутриентах.

В ассортименте безглютеновых товаров видное место занимают мучные кондитерские изделия, основой рецептуры которых традиционно считается пшеничная мука. С целью сохранения реологических свойств теста в рецептуру безглютеновых изделий вместо пшеничной муки часто вводят высококрахмальное сырье, снижая при этом биологическую ценность продукта [11]. Популярны также такие альтернативы пшеничной муке, как рисовая, кукурузная, гречневая, амарантовая, мука из семян киноа и зерен бобовых культур (соя, нут, люпин) [11]. Не меньшую известность в качестве ингредиентов безглютеновых мучных кондитерских изделий, в том числе печенья, получили плодово-ягодные и овощные порошки, полученные как из цельного сырья, так и из побочных продуктов его пе-

переработки – выжимок (далее – жмыха) и кожуры. Для повышения биологической ценности печенья, по мнению исследователей, можно использовать разнообразное плодовоовощное сырье: яблоки [12], морковь [12, 13], свеклу [12], тыкву [13], виноград [14], плоды боярышника [12], апельсин [15], лимон [16], гранат [13] и др. Так, анализ литературных данных, проведенный ранее [17], позволил предположить, что порошок жмыха моркови может содержать до 12,5 мг/100 г бета-каротина и до 31,5 % пищевых волокон; порошок жмыха тыквы – до 8,6 % минеральных веществ, из которых преобладают калий, кальций и фосфор; порошок кожуры тыквы – до 15,1 мг/100 г каротиноидов и до 29,6 % пищевых волокон. Приняв во внимание полученные данные, авторами статьи было решено использовать вышеупомянутое сырье для замены части рисовой муки в рецептуре экспериментального сдобного безглютенового печенья «Осенний цветок».

Помимо использования овощных порошков, часть рисовой муки также предлагается заменить на муку из семян продовольственных сортов люпина. Люпин – растение семейства бобовых, отличающееся повышенной биологической ценностью, более сбалансированным белком, низким содержанием крахмала и повышенным содержанием пищевых волокон, присутствием в составе витаминов В₁, В₅, В₆, РР, В_с, калия, кальция и фосфора [18, 19].

Важная особенность сдобного печенья – преобладание в нем белков растительного происхождения, что негативно влияет на усвояемость незаменимых аминокислот. Решение данной проблемы, по мнению авторов, лежит в обогащении рецептуры печенья молочным белком. В частности, имеются данные об использовании подсырной молочной сыворотки в технологии приготовления мучных кондитерских изделий [20–22]. Сыворотка является вторичным сырьем молочной промышленности и служит источником более 200 жизненно важных биологически активных веществ [20]. Поскольку в рецептурах сдобного печенья обычно отсутствует добавленная вода, предпочтительная форма внесения сыворотки в тесто – порошкообразная.

Цель исследования – обоснование рецептуры сдобного безглютенового печенья с добавлением функциональных растительных ингредиентов и сухой молочной сыворотки. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: установить оптимальные дозировки функциональных ингредиентов по уравнениям зависимости пищевой ценности печенья от количества данных ингредиентов; оценить органолептические свойства экспериментального печенья; провести исследование качества печенья по физико-химическим показателям.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве функциональных ингредиентов при приготовлении проб экспериментального печенья использовались следующие продукты: сыворотка молочная сухая деминерализованная СД-40, производитель ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод», Республика Беларусь; мука из бобов люпина «Evolution Food», изготовитель ООО «Компаньон Сити», г. Санкт-Петербург, страна происхождения сырья – Австрия; порошки жмыха моркови, жмыха тыквы и кожуры тыквы, изготовленные из сырья местного произрастания урожая 2023–2024 года [17].

При подготовке к исследованию проанализированы и обобщены данные российских и зарубежных научных работ в области моделирования безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Для вывода уравнений зависимости качества печенья от дозировок функциональных компонентов был использован метод центрально-композиционного ортогонального планирования (ЦКОП) как оптимальный по количеству испытаний и наиболее удобный в построении матрицы экспериментов. Обработка данных велась с использованием табличного процессора и программы PTC Mathcad Prime.

Органолептическая оценка образцов печенья производилась комиссией из 9 человек. Дегустаторам предлагалась разработанная авторами 5-балльная шкала со словесной характеристикой баллов по каждому показателю.

Массовую долю влаги в печенье определяли термогравиметрическим методом по ГОСТ 5900-2014, щелочность – титрованием кислотой в присутствии бромтимолового синего по ГОСТ 5898-2022, намокаемость – методом погружения изделия в воду на 2 мин и его последующего взвешивания по ГОСТ 10114-80. Остальные показатели качества и химического состава печенья устанавливались расчетным методом по литературным данным о составе ингредиентов с помощью табличного процессора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проектировании печенья «Осенний цветок» за основу была взята рецептура № 157м «Цветочек» [23] с умеренной энергетической ценностью (477 ккал/100 г). Данная рецептура предусматривает использование таких ингредиентов, как пшеничная мука, сахарная пудра, инвертный сироп, сливочное масло, меланж и ванильная пудра. В экспериментальном печенье пшеничная мука полностью заменена на аглютеновую рисовую муку, которую, в свою очередь, предлагается заменить на люпиновую (в диапазоне 3–9 % от массы рисовой муки) и овощные порошки (каждый порошок – в количестве 6–8 % от массы рисовой муки). Введение СМС в рецептуру печенья предлагается обеспечить за счет сокращения доли сахарной пудры, поскольку порошок используемой сыворотки содержит до 70 % молочного сахара – лактозы. Опытным путем установлен диапазон варьирования содержания СМС от массы сахарной пудры – от 30 до 50 %.

Дозировки СМС и люпиновой муки решено варьировать в одной серии экспериментов с использованием ЦКОП 2-го порядка, так как ввиду богатого аминокислотного состава обоих ингредиентов на биологическую ценность белка печенья производится одинаково положительный эффект. Помимо того, опытным путем установлено значительное влияние обоих компонентов на вкус и запах печенья, что может приводить к ухудшению органолептических свойств. В качестве варьируемых факторов приняты следующие показатели:

- массовая доля СМС от массы сахарной пудры, S , с диапазоном варьирования 30–50 % и шагом 10 %;
- массовая доля люпиновой муки от общей массы рисовой муки, M , с диапазоном варьирования 3–9 % и шагом 3 %.

За частные отклики приняты следующие показатели:

- вкус и запах печенья, B_3 , с идеальным значением 5,0 баллов;

- биологическая ценность белка, БЦ, с идеальным значением 100,0 %;
- отношение массы белка животного происхождения к массе белка растительного происхождения в составе печенья, О, с идеальным значением 1,30.

После проведения эксперимента, обработки данных и расчета коэффициентов полинома осуществлен переход к уравнению исследуемой зависимости в натуральном виде:

$$y = 1,153 - 0,038S - 0,064M - 0,000067SM + 0,0004S^2 + 0,0062M^2. \quad (1)$$

В ходе сравнения коэффициентов при переменных S и M уравнения в кодированном виде было установлено, что массовая доля люпиновой муки оказывает большее влияние на выбранные частные отклики. В процессе решения системы уравнений из частных производных, приравненных к нулю, были найдены следующие оптимальные значения варьируемых факторов:

- массовая доля СМС от массы сахарной пудры $S = 44,0$ %;
- массовая доля люпиновой муки от общей массы рисовой муки $M = 5,4$ %.

Контурный график выведенной модели представлен на рис. 1. Из графика видно, что минимум обобщенного параметра оптимизации Y уравнения (1) лежит в синей области (в пределах изолинии со значением 0,2), центр которой имеет координаты (44,0; 5,4), соответствующие выведенным алгебраически оптимальным значениям факторов.

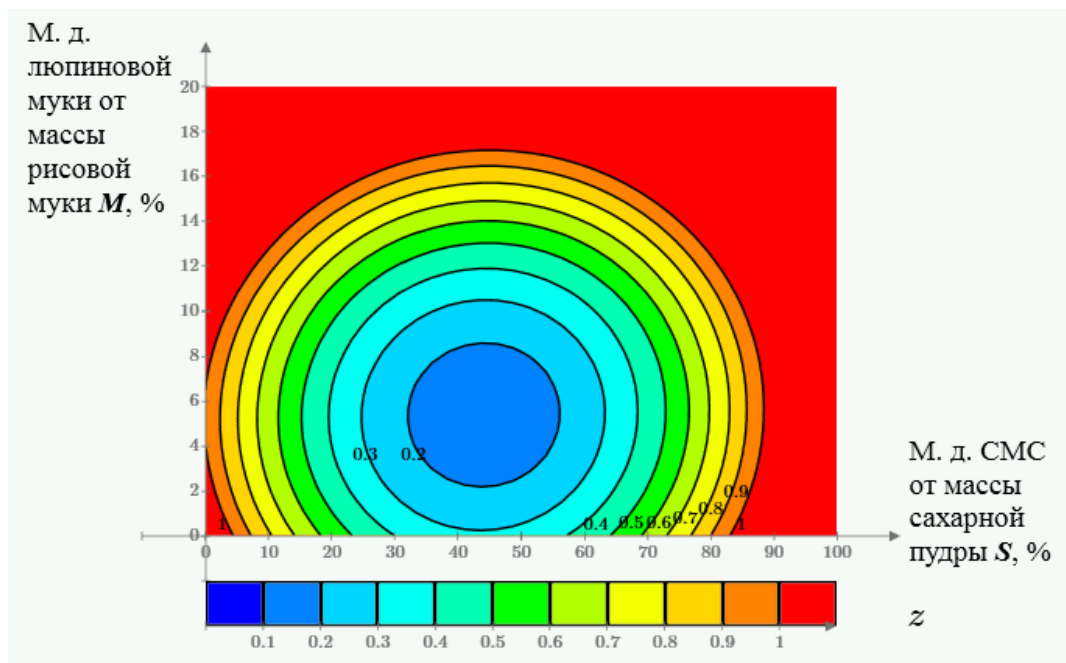


Рис. 1. Графическая интерпретация модели зависимости пищевой ценности печенья от дозировок СМС и люпиновой муки

Fig. 1. Graphical interpretation of the model of dependence of the nutritional value of biscuit on the dosage of dry whey and lupine flour

Оптимальные дозировки овощных порошков находили с помощью метода ЦКОП 2-го порядка для трех факторов. В качестве варьируемых факторов были приняты массовые доли порошков жмыха моркови, жмыха тыквы и кожуры тыквы от общей массы муки с диапазоном варьирования 6–8 % и шагом 1 % для каждого порошка. За частные отклики были приняты следующие показатели:

- содержание бета-каротина в печенье, $W_{Б.-КАР.}$, с идеальным значением 5,0 мг/100 г;
- содержание пищевых волокон в печенье, $W_{ПВ}$, с идеальным значением 25,0 %;
- содержание минеральных веществ (зола), $W_{ЗОЛЫ}$, с идеальным значением 3,00 %;
- влажность печенья, $W_{ВЛ}$, с идеальным значением 5,7 %.

Обработка результатов реализации эксперимента позволила вывести уравнение исследуемой модели:

$$y = 2,997 - 0,164M - 0,127T - 0,335K - 0,012MT - 0,029KT - 0,025KM + 0,035M^2 + 0,036T^2 + 0,056K^2. \quad (2)$$

В процессе решения системы уравнений из частных производных уравнения (2), приравненных к нулю, были найдены следующие оптимальные значения варьируемых факторов: массовая доля порошка жмыха моркови от общей массы муки $M = 5,1$ %; порошка жмыха тыквы – $T = 4,8$ %; порошка кожуры тыквы – $K = 5,4$ %.

С учетом найденных оптимальных дозировок функциональных растительных компонентов и СМС составлена рецептура сдобного безглютенового печенья «Осенний цветок». В табл. 1 представлена как экспериментальная, так и контрольная рецептуры.

Таблица 1. Рецептуры контрольного и экспериментального образцов печенья
Table 1. Recipes for control and experimental biscuit samples

Ингредиент	Количество ингредиента, г на 100 г готового продукта	
	Печенье сдобное № 157м «Цветочек» [23]	Печенье сдобное безглютеновое «Осенний цветок»
Мука пшеничная высшего сорта	48,8	–
Мука рисовая	–	38,8
Мука люпиновая	–	2,6
Порошок жмыха моркови	–	2,5
Порошок жмыха тыквы	–	2,3
Порошок кожуры тыквы	–	2,6
Сахарная пудра	31,5	17,6
Молочная сыворотка сухая	–	13,9
Инвертный сироп	0,49	0,49

Сливочное масло	24,4	–
Подсолнечное масло	–	20,1
Меланж	19,5	19,5
Ванильная пудра	0,24	0,24
Сода пищевая	–	0,7
Вода	–	6,0

Стоит отметить, что сливочное масло в опытной рецептуре полностью заменено на подсолнечное рафинированное (с пересчетом на жир), что позволяет исключить присутствие транс-изомеров жирных кислот и снизить содержание насыщенного животного жира в готовом продукте. Введение подсолнечного масла, а также растительных порошков, согласно опытным данным, выражается в более низкой влажности теста и склонности печенья к черствению. В связи с этим в рецептуру вносится небольшое количество воды. Добавление соды вызвано необходимостью повышения пористости и намокаемости печенья.

Замешивание теста происходило в следующем порядке: воду с меланжем и инвертным сиропом вносили в чистую емкость, взбивали с подсолнечным маслом до однородности, соединяли со смесью из СМС, сахарной и ванильной пудры и перемешивали до видимого растворения твердых частиц. Предварительно дозировали и просеивали композицию из овощных порошков, люпиновой и рисовой муки, которую затем вносили в емкость с тестом и перемешивали в течение 5 мин. Изделия формовались отсадкой, выпекались при температуре 190–200 °С в течение 10–15 мин и охлаждались при температуре 20–25 °С.

Результаты органолептического анализа контрольного и экспериментального образцов печенья отображены на рис. 2. Профилограмма качества контрольного печенья указывает на его невысокие оценки по показателям «цвет», «форма» и «поверхность». Стоит отметить, что печенье имело неровную поверхность бледно-соломенного цвета с многочисленными вздутиями; форма изделий отличалась неоднородностью ввиду трудностей при формовании, вызванных, в свою очередь, реологическими особенностями теста. У экспериментальных изделий наблюдались улучшения во внешнем виде по показателям «цвет» и «поверхность». Печенье «Осенний цветок» охарактеризовано как продукт золотисто-желтого цвета, преимущественно правильной формы, с гладкой поверхностью, приятным вкусом и запахом. В целом можно судить о приемлемости органолептического качества усовершенствованной рецептуры сдобного печенья.

Результаты оценки химического состава печенья, а также некоторых физико-химических показателей качества представлены в табл. 2. Можно видеть, что печенье «Осенний цветок» имеет более сбалансированный белковый профиль, повышенное содержание пищевых волокон, золы, бета-каротина, витамина В₂ и Е. Установлено соответствие качества печенья нормативным требованиям по основным физико-химическим показателям – влажности, намокаемости, щелочности. Следует также обратить внимание на то, что в данной работе экспериментально не определялся показатель «массовая доля общего сахара» (норма – не более 45,0 %), расчетное же содержание углеводов (57,6 %) включает не только общий

сахар, но и крахмал, поэтому, по мнению авторов, превышения нормы не ожидается.



Рис. 2. Профиль органолептических показателей качества печенья
Fig. 2. Profile of organoleptic quality indicators of the biscuits

Таблица 2. Химический состав и показатели качества образцов печенья
Table 2. Chemical composition and quality indicators of biscuit samples

Нутриент	Печенье сдобное №157м «Цветочек» [23]		Печенье сдобное безглютеновое «Осенний цветок»		Требования ГОСТ 24901-2014, г/100 г продукта
	Содержание в 100 г печенья	% удовлетворения суточной потребности [24]	Содержание в 100 г печенья	% удовлетворения суточной потребности [24]	
Сухие вещества*, г	94,3	—	92,2	—	не нормируется
Вода, г	5,7 ± 0,4	—	7,8 ± 0,4	—	не более 16,0
Белок*, г	7,2	—	7,6	—	не нормируется
Жир*, г	21,7	—	21,4	—	не более 40,0
Углеводы (моно-, дисахариды и крахмал)*, г	63,3	—	57,6	—	общего сахара – не более 45,0
Пищевые волокна*, г	1,6	6,5	3,4	13,8	не нормируется
Зола общая*, г	0,5	—	2,1	—	не нормируется
Витамин В ₂ *, мг	0,12	6,8	0,26	14,5	не нормируется
Бета-каротин*, мг	0	0	0,76	15,3	не нормируется
Витамин Е*, мг	1,0	6,9	8,5	56,7	не нормируется

Энергетическая ценность*, ккал	477,3	453,4	не нормируется
Биологическая ценность белка*, %	37,1	65,4	не нормируется
Отношение «белок животного происхождения : белок растительного происхождения»*	0,49 (55 : 112)	1,10 (55 : 50)	1,22 (55 : 45) [24]
Намокаемость, %	157 ± 8	165 ± 8	не менее 150
Щелочность, град.	0,5 ± 0,3	1,0 ± 0,3	не более 2,0

Примечание: величина показателей, отмеченных знаком «*», устанавливалась расчетным методом

Таким образом, принимая во внимание данные табл. 2, можно судить о целесообразности разработки печенья сдобного безглютенового с внесением побочного растительного сырья и сухой молочной сыворотки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позволили обосновать новую рецептуру сдобного безглютенового печенья «Осенний цветок», обогащенного побочным растительным сырьем и сухой молочной сывороткой. Методами математического моделирования выведены оптимальные дозировки функциональных компонентов: 44,0 % молочной сыворотки; 5,4 % люпиновой муки; 5,1 % порошка жмыха моркови; 4,8 % порошка жмыха тыквы; 5,4 % порошка кожуры тыквы.

Органолептические испытания печенья установили приемлемость экспериментальной рецептуры по нормируемым показателям, при этом по сравнению с контрольным образцом опытное печенье получило больше баллов за цвет и поверхность. Средняя оценка вкуса и запаха печенья – 4,2 балла.

Химический состав, установленный преимущественно расчетным путем, показал высокую биологическую ценность печенья «Осенний цветок». Отмечено совершенствование белкового состава продукта с увеличением количества полноценных животных белков и повышением биологической ценности белка с 37,1 до 65,4 %. Благодаря замене сливочного масла исключено присутствие транс-изомеров жирных кислот. Количество усвояемых сахаров сокращено за счет повышения доли пищевых волокон до 13,8 % от суточной нормы в 100 г продукта. Кроме того, содержание витамина В₂ в 100 г продукта позволяет удовлетворить до 14,5 % суточной нормы, бета-каротина – до 15,3 %, витамина Е – до 56,7 %.

Список источников

1. Advances in understanding wheat-related disorders: a comprehensive review on gluten-free products with emphasis on wheat allergy, celiac and non-celiac gluten sensitivity / Singla D. [et al.] // Food Chemistry Advances. 2024. V. 4. P. 100627.
2. Развитие рынка безглютеновых хлебопекарных продуктов // Сфера Медиа. URL: <https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitie-rynka-bezglyutenovykh-hlebopekarnykh-produktov> (дата обращения: 10.01.2025).

3. Карман Т. В. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья для производства безглютеновых хлебобулочных изделий // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции (21 июня 2024 г.). Мелитополь: МелГУ, 2024. С. 59–64.
4. Гурова М. М. Аллергия к белку пшеницы и непереносимость глютена (обзор литературы) // Медицина: теория и практика. 2020. Т. 5. №. 1. С. 27–39.
5. Глобальные практические рекомендации Всемирной гастроэнтерологической организации. Целиакия // The World Gastroenterology Organisation. URL: <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/celiac-disease/celiac-disease-russian> (дата обращения: 11.01.2025).
6. Prevalence of Adverse Reactions to Gluten and People Going on a Gluten-Free Diet: a Survey Study Conducted in Brazil / Arámburo-Gálvez J. G. [et al.] // Medicina. 2020. V. 56. N 4. P. 163.
7. Целиакия / Жусупбекова Л. И. [и др.] // Научное обозрение. Медицинские науки. 2020. №. 6. С. 44–49.
8. Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis / Singh P. [et al.] // Clinical gastroenterology and hepatology. 2018. V. 16. N 6. P. 823–836.
9. Overview of celiac disease in Russia: regional data and estimated prevalence / Savvateeva L. V. [et al.] // Journal of immunology research. 2017. V. 2017. N 1, 2314813.
10. A gluten-free diet, not an appropriate choice without a medical diagnosis / Diez-Sampedro A. [et al.] // Journal of nutrition and metabolism. 2019. V. 2019. N 1, 2438934.
11. Козубаева Л. А., Кузьмина С. С. Современные тенденции формирования ассортимента безглютеновых мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2022. Т. 1. №. 4. С. 57–67.
12. Перфилова О. В., Митрохин М. А. Использование порошков из плодовоовощных выжимок с целью расширения ассортимента мучных кондитерских изделий // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 8. С. 48–50
13. Типсина Н. Н., Присухина Н. В. Пищевые волокна в кондитерском производстве // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 9. С. 166–171.
14. Rheological, pasting and sensory properties of biscuits supplemented with grape pomace powder / Lou W. [et al.] // Food science and technology. 2021. V. 42, e78421.
15. In vitro bioaccessibility of bioactive compounds from citrus pomaces and orange pomace biscuits / Fernández-Fernández A. M. [et al.] // Molecules. 2021. V. 26. N 12. P. 3480.
16. Functionalized biscuits with bioactive ingredients obtained by citrus lemon pomace / Imeneo V. [et al.] // Foods. 2021. V. 10. N 10. P. 2460.
17. Корниенко А. А., Лютова Е. В. О возможности использования побочных продуктов переработки моркови и тыквы для обогащения сдобного печенья // Балтийский морской форум: материалы XII Международного Балтийского

морского форума (30 сент. – 4 окт. 2024 г.), в 6 т. Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. С. 95–101.

18. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растений *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 135–142.

19. Hunie Tesfa K., Ewunetie A. T., Gebeyehu C. D. Mechanism of Antihypertensive and Hypocholesterolemic Effect of White Lupine (*Lupinus Albus* L.): A Review // Pharmacological Research-Natural Products. 2025. V. 7, 100207.

20. Фахретдинова Д. Р., Нигматьянов А. А., Миронова И. В. Использование амарантовой муки и молочной сыворотки для обогащения мучных кондитерских изделий // Известия ОГАУ. 2017. № 4 (66). С. 260–262.

21. Гаврилова Г. А. Молочная сыворотка в технологии мучных кондитерских изделий // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: тезисы докладов Всеросс. н.-практ. конф. (15 апр. 2020 г.). Благовещенск: ФГОУ ВПО «ДГАУ». 2020. С. 88.

22. Удалова С. В. Совершенствование технологии производства овсяного печенья // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: материалы конференции (24–26 марта 2021 г.). Пенза: ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ». 2021. Т. 2. С. 262–264.

23. Рецептуры на печенье, галеты и вафли / под ред. М. К. Смирновой. М.: Пищевая промышленность, 1969. 552 с.

24. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: МР 2.3.1.0253-21. УТВ. 22.07.2021. М., 2021. 72 с.

References

1. Singla D. [et al.]. Advances in understanding wheat-related disorders: a comprehensive review on gluten-free products with emphasis on wheat allergy, celiac and non-celiac gluten sensitivity. *Food Chemistry Advances*. 2024. V. 4. P. 100627.

2. Razvitie rynka bezglyutenovykh khlebopekarnykh produktov [Development of the gluten-free bakery products market]. *Sfera Media*. Available at: <https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitie-rynka-bezglyutenovykh-khlebopekarnykh-produktov> (accessed 10 January 2025).

3. Karman T. V. Perspektivy ispol'zovaniya netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya dlya proizvodstva bezglyutenovykh khlebobulochnykh izdeliy [Prospects for the use of non-traditional plant-based raw materials for the production of gluten-free bakery products]. *Rol' agrarnoy nauki v obespechenii prodovol'stvennoy bezopasnosti: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (21 iyunya 2024 g.)* [The role of agricultural science in ensuring food security: Proceedings of the International scientific and practical conference (21 June, 2024)]. Melitopol', Melitopol' State University, 2024, pp. 59–64.

4. Gurova M. M. Allergiya k belku pshenitsy i neperenosimost' glyutena (obzor literatury) [Wheat protein allergy and gluten intolerance (literature review)]. *Meditcina: teoriya i praktika*, 2020, vol. 5, no. 1, pp. 27–39.

5. Global'nye prakticheskie rekomendatsii Vsemirnoy gastroenterologicheskoy organizatsii. Tseliakiya [The World Gastroenterology Organization Global

Guidelines. Celiac Disease]. *The World Gastroenterology Organisation*. Available at: <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/celiac-disease/celiac-disease-russian> (accessed 11 January 2025).

6. Arámburo-Gálvez J. G. [et al.]. Prevalence of Adverse Reactions to Gluten and People Going on a Gluten-Free Diet: a Survey Study Conducted in Brazil. *Medicina*, 2020. V. 56. N 4. P. 163.

7. Zhusupbekova L. I. [et al.]. Tseliakiya [Celiac disease]. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*, 2020, no. 6, pp. 44–49.

8. Singh P. [et al.]. Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *Clinical gastroenterology and hepatology*. 2018. V. 16, N 6. P. 823–836.

9. Savvateeva L. V. [et al.]. Overview of celiac disease in Russia: regional data and estimated prevalence. *Journal of immunology research*. 2017. V. 2017, N 1, 2314813.

10. Diez-Sampedro A. [et al.]. A gluten-free diet, not an appropriate choice without a medical diagnosis. *Journal of nutrition and metabolism*. 2019. V. 2019. N 1. P. 2438934.

11. Kozubaeva L. A., Kuz'mina S. S. Sovremennye tendentsii formirovaniya assortimenta bezglyutenovykh muchnykh konditerskikh izdeliy [Modern trends in the formation of the range of gluten-free flour confectionery products]. *Polzunovskiy vestnik*, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 57–67.

12. Perfilova O. B., Mitrokhin M. A. Ispol'zovanie poroshkov iz plodoo-voshchnykh vyzhimok s tsel'yu rasshireniya assortimenta muchnykh konditerskikh izdeliy [The use of fruit and vegetable pomace powders to expand the range of flour confectionary products]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2008, no. 8, pp. 48–50.

13. Tipsina N. N., Prisukhina N. V. Pishchevye volokna v konditerskom proizvodstve [Dietary fiber in confectionary production]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 9, pp. 166–171.

14. Lou W. [et al.]. Rheological, pasting and sensory properties of biscuits supplemented with grape pomace powder. *Food science and technology*. 2021. V. 42, e78421.

15. Fernández-Fernández A. M. [et al.]. In vitro bioaccessibility of bioactive compounds from citrus pomaces and orange pomace biscuits. *Molecules*. 2021. V. 26. N 12. P. 3480.

16. Imeneo V. [et al.]. Functionalized biscuits with bioactive ingredients obtained by citrus lemon pomace. *Foods*. 2021. V. 10. N 10. P. 2460.

17. Kornienko A. A., Lyutova E. V. O vozmozhnosti ispol'zovaniya pobochnykh produktov pererabotki morkovi i tykvy dlya obogashcheniya sdobnogo pechen'ya [On the possibility of using carrot and pumpkin by-products to enrich shortbread biscuits]. *Baltiyskiy morskoy forum: materialy XII Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma (30 sent. – 4 okt. 2024 g.)*, v 6 t. [Baltic Maritime Forum: Proceedings of the XII International Baltic Maritime Forum (30 Sept.–4 Oct. 2024), in 6 vol.]. Kaliningrad, FGBOU VO "KGTU", 2024, pp. 95–101.

18. Agafonova S. V., Rykov A. I. Khimicheskiy sostav semyan rasteniy *Lupinus angustifolius* L. i *Lupinus albus* L. Kaliningradskoy oblasti [Chemical composition of seeds of *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 135–142.

19. Hunie Tesfa K., Ewunetie A. T., Gebeyehu C. D. Mechanism of Antihypertensive and Hypocholesterolemic Effect of White Lupine (*Lupinus Albus* L.): A Review. *Pharmacological Research-Natural Products*. 2025. V. 7, 100207.
20. Fakhretdinova D. R., Nigmat'yanov A. A., Mironova I. V. Ispol'zovanie amarantovoy muki i molochnoy syvorotki dlya obogashcheniya muchnykh konditerskikh izdeliy [Using amaranth flour and whey to enrich flour confectionary products]. *Izvestiya OGAU*, 2017, no. 4 (66), pp. 260–262.
21. Gavrilova G. A. Molochnaya syvorotka v tekhnologii muchnykh konditerskikh izdeliy [Whey in flour confectionary technology]. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya, tezisy dokladov Vseross. n.-prakt. konf.* (15 apr. 2020 g.) [Agro-industrial complex: problems and development prospects, abstracts of the All-Russian scientific-practical conference (15 April 2020)]. Blagoveshchensk, FGOU VPO "DGAU", 2020, pp. 88.
22. Udalova S. V. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva ovsyannogo pechen'ya [Improvement of oatmeal biscuit production technology]. *Innovatsionnye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: materialy konferentsii* (24–26 marta 2021 g.) [Innovative ideas of young researches for the agro-industrial complex: conference materials (24–26 March 2021)]. Penza, FGBOU VO "Penzenskiy GAU", 2021, vol. 2, pp. 262–264.
23. *Retseptury na pechen'e, galety i vafli* [Recipes for biscuits, hardtacks and wafers]. Edited by M. K. Smirnova. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1969, 552 p.
24. Instructional Guidelines MR 2.3.1.0253-21. Norms of physiological requirements in energy and nutrients in various groups of population in Russian Federation. Approved on 22 July 2021 by the chief state sanitary doctor of the Russian Federation, Moscow, 2021, 72 p. (In Russian).

Информация об авторах

А. А. Корниенко – магистрант кафедры пищевой биотехнологии

Е. В. Лютова – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Information about the authors

A. A. Kornienko – Master's student of the Department of Food Biotechnology

E. V. Lyutova – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 14.02.2025; одобрена после рецензирования 24.02.2025; принята к публикации 25.02.2025.

The article was submitted 14.02.2025; approved after reviewing 24.02.2025; accepted for publication 25.02.2025.

Научная статья

УДК 664.841.8 637.38

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-72-83

**Исследование по получению и применению сыра тофу
в питании вегетарианцев**

Влада Константиновна Олейник¹, Наталия Юрьевна Ключко²

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

¹vlada-oleynik@list.ru

²natalya.kluchko@klgtu.ru

Аннотация. Одним из популярных в последнее время типов питания становится вегетарианство, то есть отказ от продуктов животного происхождения. В последних содержатся витамины, микро- и макроэлементы, необходимые для поддержания нормального функционирования организма человека и которые из-за отказа от приема «животной» продукции недополучают вегетарианцы. Приверженцы такого питания особенно страдают так называемым «белковым голоданием». Тем не менее, увеличение спроса на растительную пищу ставит перед исследователями задачи создавать новые изделия с повышенной пищевой ценностью, а также для расширения их ассортимента на рынке. Изучены литературные данные по химическому составу некоторых растительных культур. В качестве основного сырья обосновано использование соевых бобов, так как среди прочих бобовых они имеют максимальный выход белка и наиболее часто применяются для выделения растительного белка. В статье предложена усовершенствованная рецептура сыра тофу, которая позволит увеличить ассортимент растительного сыра на рынке для питания вегетарианцев, а также постящихся и людей с непереносимостью лактозы. Изучен процесс коагуляции последнего для получения белкового продукта. Проанализированы условия протекания термокислотной коагуляции на примере лимонной, уксусной и молочной кислот для получения сыра с положительными органолептическими показателями. Проведены исследования химического состава соевых бобов по содержанию массовой доли влаги, белка, жира, минеральных веществ, железа. Предложена рецептура овощных консервов с тофу, отличающаяся повышенным содержанием кальция, железа и клетчатки. Показана возможность увеличения ассортимента вегетарианской продукции на рынке и создания функционального продукта питания.

Ключевые слова: сыр тофу, соя, вегетарианство, овощные консервы, термокислотная коагуляция.

Для цитирования: Олейник В. К., Ключко Н. Ю. Исследование по получению и применению сыра тофу в питании вегетарианцев // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 72–83. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-72-83.

Original article

Study of the production and use of tofu cheese in vegetarian nutrition

Vlada K. Oleynik¹, Nataliya Yu. Klyuchko²

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

¹vlada-oleynik@list.ru

²natalya.kluchko@klgtu.ru

Abstract. Vegetarianism, i.e. refusal of animal products, has become one of the popular types of nutrition lately. Animal products contain vitamins, micro- and macroelements necessary for maintaining the normal functioning of the human body. Vegetarians do not receive them due to the refusal to consume "animal" products. In particular, supporters of this type of nutrition suffer from the so-called "protein starvation". Nevertheless, the increase in demand for plant foods poses the challenge for researchers to create new products with increased nutritional value, as well as to expand their range on the market. Literature data on the chemical composition of some plant crops have been studied. The use of soybeans as the main raw material has been justified, since among other legumes they have the maximum protein yield and are most often used to isolate vegetable protein. The article proposes an improved recipe for tofu cheese, which will increase the range of vegetable cheese on the market for vegetarians, as well as those fasting and people with lactose intolerance. The coagulation process of the latter to obtain a protein product has been studied. The conditions of thermal acid coagulation have been analyzed using citric, acetic and lactic acids as an example to obtain cheese with positive organoleptic properties. The chemical composition of soybeans has been studied for the content of mass fraction of moisture, protein, fat, minerals and iron. A recipe for canned vegetables with tofu has been proposed, which is characterized by an increased content of calcium, iron and fiber. The article demonstrates a possibility of increasing the range of vegetarian products on the market and creating a functional food product.

Keywords: tofu cheese, soy, vegetarianism, vegetable preserves, thermal acid coagulation.

For citation: Oleinik V. K., Klyuchko N. Yu. Study of the production and use of tofu cheese in vegetarian nutrition. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):72–83. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-72-83.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом растет количество приверженцев вегетарианства – питания растительными продуктами при отказе от пищи животного происхождения: рыбы, мяса, птицы и морепродуктов. Различают следующие разновидности данного направления в питании:

- веганство: полный отказ от любой животной пищи, самая строгая форма;
- ово- и лактовегетарианство: допускается употребление соответственно яиц и молочных продуктов;

– лактоовоовегетарианство: одна из самых распространенных форм, при которой, кроме пищи растительного происхождения, можно также использовать яйца, молоко и мед;

– пескетарианство и полловегетарианство: включение в рацион питания соответственно только рыбы и мяса птицы;

– полувегетарианство: из рациона исключается только красное мясо [1].

По данным социологического опроса агентства ZOOM MARKET на момент 2019 г. в России насчитывалось 2 % вегетарианцев, больше всего их было в Северо-Западном федеральном округе (5 %), а именно в Санкт-Петербурге и Калининграде [2, 3]. Многие выбирают такой тип питания в связи с высокими ценами на продукты животного происхождения и мнением о полезности растительной пищи по сравнению с животной, а также для снижения массы тела. Однако медики отмечают в организме вегетарианцев дефицит белка, железа, цинка, селена, кальция, омега-3 жирных кислот. Вегетарианцы жалуются на усталость, упадок сил, ухудшение состояния кожи, волос, ногтей, появление проблем с суставами, ослабление иммунитета, уменьшение сопротивляемости простудным, вирусным, бактериальным заболеваниям, нарушения в работе сердца, функционировании щитовидной железы [4, 5].

Для решения проблемы поступления питательных веществ в организм человека, необходимых для нормальной работы организма, учеными выявлено, что идеальным заменителем животного белка могут быть соевые бобы. Они содержат в 100 г: воды – 12 %, белка – 34,9 %, жира – 17,3 %, углеводов – 17,3 %, золы – 5,0 % [6]. Также в бобах отмечено высокое содержание железа, магния, фосфора, меди, марганца и селена. Продукты из соевых бобов оказывают благотворное влияние, улучшая состояние сердца, сосудов, суставов, предотвращают воспалительные процессы, выпадение волос и зубов [7].

Одним из самых популярных и доступных продуктов вегетарианства является сыр тофу, получаемый путем коагуляции белковой фракции из водного экстракта семян сои. Это низкокалорийный и низкожировой альтернативный источник белка растительного происхождения, который может быть заменой мяса в рационе вегетарианцев.

Существует несколько разновидностей сыра тофу, отличающихся по консистенции и способам производства: твердый, обычный и шелковистый (мягкий) [8]. Процесс их изготовления начинается с коагуляции соевого молока. После сворачивания белка продукт прессуют для отжима лишней влаги, формуют и нарезают. Далее сыр отправляется в резервуар с водой для охлаждения и удаления излишков коагулянта. Самым распространенным является твердый сыр [8], процесс его производства характеризуется тем, что во время прессования применяется повышенное давление для стекания наибольшего количества влаги и получения высокого процента массовой доли белка. При изготовлении мягкого сыра прессование проводят при меньшем давлении [8]. Для шелковистого тофу в качестве водоудерживающего коагулянта применяют сульфат кальция или глюконо-дельта-лактон, в результате чего готовый продукт имеет гладкую и тонкую текстуру и плохо удерживает форму [8].

Коагуляция белка осуществляется тремя основными способами [9, 10]:

1. Термокислотный: проводится под действием лимонной, уксусной, молочной кислот или их смесью при температуре 80–100 °С, при этом степень извлечения белков достигает 96 %;

2. Сычужный: происходит за счет внесения фермента, при этом возможно применение пепсина или химозина микробиального происхождения, так в вегетарианстве не допускаются пищевые добавки животного происхождения;

3. Применение нейтральных солей сильных кислот, таких как CaSO_4 , MgCl_2 , CaCl_2 .

У сыра тофу малый срок годности при хранении без упаковки (до 5 суток) [11, 12]. Для его пролонгирования и сбалансированности рациона приверженцев растительного питания, а также повышения пищевой ценности в витаминах и минеральных веществах предложено изготавливать овощные консервы с тофу.

Целью настоящей работы является совершенствование рецептуры твердого сыра для его последующего применения в овощных консервах. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести анализ современных тенденций в части производства тофу, обосновать выбор сырья и коагулянтов для его производства, разработать рецептуру сыра и овощных консервов с его применением, изучить пищевую ценность готовых изделий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является технология получения сыра тофу. Для его приготовления в качестве бобовых культур изучали семена сои, чечевицы и нута, из пищевых кислот – лимонную, уксусную и молочную.

Для определения физико-химических показателей качества растительного сырья и готовой продукции (массовой доли влаги, золы и железа, белка, жира) применяли стандартные и общепринятые методы – ГОСТ 10856-96, ГОСТ 10846-91, ГОСТ 10857-64, ГОСТ Р 51411-99 и ГОСТ 26928-86 соответственно.

Используемое растительное сырье соответствовало показателям качества и безопасности, которые приведены в следующих нормативных документах: Сан-ПиН 1.2.3685-21, ГОСТ 17109-88, ГОСТ 490-2006, сыр тофу – ГОСТ Р 58441-2019, ГОСТ 26889-86, ГОСТ 8756.21-89, ГОСТ Р 54668-2011, ГОСТ 26188-2016, ГОСТ Р 51411-99, ГОСТ 26928-86, пищевые лимонная, уксусная и молочная кислоты – ГОСТ 908-2004, ГОСТ Р 55982-2014, ГОСТ 490-2006.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным для производства сыра тофу в качестве коагулянта чаще всего используется 10–20 % -й раствор лимонной, уксусной или молочной кислоты либо же их смесь в количестве 0,2–0,6 % от массы соевого молока [13, 14, 15]. Замачивание соевых семян проводится при температуре 20–25 °С в течение 10–12 ч с последующим нагреванием соевой суспензии при 70–105 °С в течение 5–10 мин.

Экспериментальные исследования были посвящены изучению сырья, подбору коагулянтов для получения растительного сыра.

Сыр тофу, представленный на рынке Калининградской области, изготовлен из бобов сои. Однако данное сырье не является единственным высокобелковым

растительным сырьем для приготовления сыра. Для решения этой задачи исследовали химический состав таких бобовых культур, как соя, чечевица, нут, фасоль, а также зерно пшеницы и семена подсолнечника (табл. 1). В зависимости от содержания белка в культуре получался разный выход готового продукта [16].

Таблица 1. Химический состав семян некоторых культур, г в 100 г продукта
Table 1. Chemical composition of seeds of some crops, g in 100 g of product

Показатель	Соя	Чечевица	Нут	Фасоль	Пшеница	Подсолнечник
Вода	12	14	14	14	14	8
Белок	34,9	34	20,5	21	13	20,7
Жиры	17,3	1,5	6	2	2,5	52,9
Углеводы	17,3	46,3	62,95	47	57,5	10,5
Зола	5,0	2,7	2,9	3,6	1,7	2,9

Для отработки технологии получения сыра тофу использовали бобовые культуры (сою, чечевицу и нут), отличающиеся высоким содержанием белка, в качестве коагулянта – лимонную кислоту, благодаря которой в осадок выпадает белок из раствора растительного молока. Данный процесс происходит при достижении изoeлектрической точки, когда pH соевого молока равна 4,0–5,0 [17]. Основными операциями при производстве растительного сыра являются мойка и очистка бобов, их набухание, измельчение с водой и дальнейшее нагревание до температуры 90 °С, фильтрование и получение соевого молока, коагуляция белка и получение белкового сгустка, прессование сыра, нарезка и упаковка.

Органолептическая характеристика экспериментальных образцов сыра тофу, приготовленного на основе бобов сои, чечевицы и нута, приведена в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические показатели опытных образцов растительного сыра
Table 2. Organoleptic characteristics of experimental samples of vegetable cheese

Показатель	Используемое сырье		
	Соя	Чечевица	Нут
Цвет	Белый однородный	Бежевый однородный	Светло-желтый однородный
Консистенция	Нежная, мягкая, однородная; образец не разваливается при нарезке	Упругая, немного резиновая; образец легко разжевывается, не склеивается в одну массу, кусочками	Упругая, немного резиновая; образец легко разжевывается, не склеивается в одну массу, кусочками
Вкус	Слегка кисловатый, слегка растительный привкус	Вкус рисового молока	Нейтральный
Запах	Нейтральный	Нейтральный	Слегка неприятный, затхлый, с течением времени исчезает

В дальнейших исследованиях было предложено использовать сою в качестве основного сырья, так как сыр из нее имел лучшие органолептические показате-

тели. Для изучения физико-химических характеристик сои проведены следующие измерения: содержание влаги, массовая доля белка, жира, золы и содержание железа. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Физико-химические показатели семян сои
Table 3. Physico-chemical parameters of soybean seeds

Наименование показателя	Образец	Данные из справочника И. М. Скурихина [3]
Массовая доля воды, %	9,42	12
Массовая доля белка, %	32,07	34,9
Массовая доля жира, %	16,66	17,3
Содержание золы, %	4,59	5,0
Содержание железа, мг на 100 г	18,11	15

Все опытные показатели были близки к значениям из справочных данных, а содержание железа превышало средние его показатели в сое, что говорит о высоком содержании железа в готовом сыре тофу.

Для выявления лучших органолептических характеристик далее в эксперименте исследовалось применение различных кислот – лимонной, уксусной, молочной в количестве 0,2 %; 0,4 % и 0,6 % от массы соевого молока с концентрацией 10 %. Использование кислот при термокислотной коагуляции в количестве 0,4–0,6 % придавало опытным образцам кислый привкус, в связи с чем было решено снизить количество кислот до 0,2 % для дальнейших исследований. Отмечено, что лимонная кислота по сравнению с уксусной придает продукту более кислый вкус, с молочной кислотой сыр вообще не имел такого вкуса. На основании полученных данных предложено использовать в качестве коагулянта 10 %-й раствор молочной кислоты в количестве 0,2 % от массы соевого молока.

Была проведена термокислотная коагуляция при температуре 85–90 °С с целью, что готовый продукт будет иметь повышенную биологическую ценность за счет большей степени использования белков, слипания их в более крупные частицы и ускорения процесса осаждения белка [18]. Коагуляция проходила в две стадии нагревания, первая – температурный гидролиз для перехода водорастворимых фракций белка в воду, а также инактивации антипитательных факторов семян бобовых. На втором этапе нагревания полученные фракции осаждались под действием коагулянта.

Основными операциями при производстве соевого сыра являются:

1. *Прием сырья.* Для изготовления сыра тофу используют цельные сухие зерна соевых бобов;
2. *Мойка и очистка сырья.* Соевые бобы подвергают мойке для очистки от пыли, нежелательных примесей, оболочки и загрязнений;
3. *Набухание.* После мойки сою замачивают в воде в соотношении 1:3 соответственно при температуре 32–40 °С в течение 3–4 ч. Это целесообразно для ускорения процесса набухания бобов, так как их объем увеличивается вдвое, как и при замачивании при комнатной температуре в течение 10–12 ч, а также для предотвращения их закисания и появления кислого травяного вкуса;

4. *Мойка и стекание.* По окончании операции «набухание» сою промывают проточной водой и удаляют лопнувшие оболочки и загрязнения, также дают стечь лишней воде;

5. *Измельчение.* Семена измельчают до мелкозернистого состояния на высокоскоростном блендере с добавлением воды в соотношении 1:6, что позволяет естественным образом растворить питательные вещества сои;

6. *Нагревание.* Соевую суспензию нагревают до 85–90 °С и выдерживают при данной температуре 5 мин. В результате происходит температурный гидролиз и переход водорастворимых фракций белка в воду, при этом также инактивируются антипитательные вещества семян бобовых;

7. *Фильтрование.* Отделение твердой части (окары) производят фильтрованием через микропористый материал;

8. *Нагревание.* Повторное нагревание соевого молока до 85–90 °С для осаждения белковой фракции при использовании коагулянта;

9. *Осаждение белка.* Термокислотная коагуляция белка осуществляется 10 %-м раствором молочной кислоты в количестве 0,2 % от массы соевого молока. Увеличение количества данного коагулянта нецелесообразно из-за ухудшения органолептических показателей;

10. *Фильтрация.* Белковый сгусток отделяют от сыворотки посредством фильтрации через микропористые материалы;

11. *Прессование.* Прессование белкового сгустка происходит под действием груза для стекания лишней влаги;

12. *Формование.* Готовый соевый сыр формуют в определенной форме;

13. *Упаковывание, этикетирование и маркирование;*

14. *Хранение готовой продукции,* упакованной под вакуумом, в холодильной камере при температуре 0–15 °С.

Оценку качества готового сыра тофу проводили на соответствие показателям ГОСТ Р 58441-2019, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4. Физико-химические показатели сыра тофу

Table 4. Physicochemical properties of tofu cheese

Наименование показателя	Значение показателя по ГОСТ Р 58441-2019	Опытные значения
Массовая доля белка, %, не менее	8,00	9,15
Массовая доля жира, %, не более	8,00	5,70
Массовая доля влаги, %, не менее	80,00	83,4
pH, не более	7,30	7,10
Массовая доля металлопримесей, не более	Не допускаются	Не обнаружены
Посторонние примеси	Не допускаются	Не обнаружены

Для увеличения пищевой ценности и создания продукта с повышенным содержанием клетчатки, а также расширения ассортимента постной продукции предложено изготовление овощных консервов с сыром тофу [19]. Технологическая схема состоит из следующих этапов:

1. *Прием сырья* (овощей и тофу);

2. *Мойка овощей;*

3. *Очистка и обработка овощей.* Очистка моркови от кожуры, перца от семян, обрезание концов у баклажанов и кабачков, удаление листьев с овощей;
 4. *Разделка овощей.* Морковь и перец нарезают соломкой, кабачки и баклажаны – кубиками, помидоры – дольками;
 5. *Бланширование* в воде при температуре 90 °С в течение 3–5 мин для всех видов овощей;
 6. *Охлаждение* в холодной воде для завершения процесса приготовления;
 7. *Перемешивание продуктов и посол.* Бланшированные овощи смешивают с тофу и солью (сухой посол) до солености 1,2 %;
 8. *Укладывание в банки.* Готовые овощи с тофу укладывают в стеклянные круглые банки объемом 0,35 л;
 9. *Укупоривание и стерилизация.* После укладки овощей с тофу банки укупоривают и подвергают стерилизации в автоклаве при 120 °С в течение 25 мин;
 10. *Охлаждение.* После стерилизации банки охлаждают в холодной воде;
 11. *Этикетирование и маркирование;*
 12. *Упаковывание.* Готовые овощные консервы с тофу упаковывают в картонные коробки;
 13. *Хранение готовой продукции.*
- Рецептура овощных консервов указана в табл. 5.

Таблица 5. Рецепт овощных консервов с тофу
Table 5. Recipe for canned vegetables with tofu

Наименование сырья	Содержание, %
Тофу	25
Красный перец	25
Томаты	16,3
Морковь	7
Баклажаны	12,5
Кабачки	13
Пищевая соль	1,2

Тофу в консервах используется в количестве 25 % от порции (350 г), так как при таком соотношении продукт будет содержать кальция и железа на 15 % больше суточной нормы, что делает консервы функциональным продуктом. В 350 г консервов содержится 246,8 мг (24,7 %) кальция, 10,5 мг (70 %) железа. Новая продукция отличается привлекательными органолептическими свойствами, по 15-балльной шкале она получила оценку 14,3 балла. Помимо этого, овощные консервы являются функциональным продуктом по количеству клетчатки (4,9 г в одной порции).

Таким образом, была предложена усовершенствованная технология приготовления сыра тофу, технологическая схема и рецептура овощных консервов с тофу для питания вегетарианцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературы показал, что сыр тофу является рациональным заменителем животного белка для вегетарианцев. Также его рекомендовано употреблять людям с непереносимостью лактозы и соблюдающим церковный пост. В связи с тем, что сыр имеет короткие сроки хранения, его актуально использовать в качестве одного из компонентов в овощных консервах.

В ходе исследований были предложены новые режимы его приготовления с целью совершенствования технологии, подобрано сырье и коагулянты. Оптимальными условиями коагуляции стало использование 10 %-го раствора молочной кислоты в количестве 0,2 % от массы соевого молока при температуре 85–90 °С. Изучен процесс коагуляции соевого белка, составлена технологическая схема и получена органолептическая оценка образцов растительных сыров. Предложена новая рецептура для производства овощных консервов с тофу.

Список источников

1. Вегетарианство. URL: <https://toitumine.ee/ru/samoogranicheniya-v-pitanii/vegetarianstvo> (дата обращения: 23.02.2025).
2. Соцопрос: только 2 % россиян являются вегетарианцами. URL: <https://www.mazm.ru/article/a-2122.php> (дата обращения: 21.02.2025).
3. Вегетарианство и веганство: за и против. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/vegetarianstvo-i-veganstvo-za-i-protiv> (дата обращения: 21.02.2025).
4. Городничева Е. А. Вегетарианство // Современная наука: проблемы, идеи, тенденции (28 марта 2016 г.): материалы междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. Минск, 2016. С. 44–48.
5. Евсеев А. Б. Вегетарианство и его влияние на организм человека // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. № 9. С. 389–399.
6. Химический состав пищевых продуктов: справочник / Под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. 361 с.
7. Кустова О. С., Владимирова Е. В. Влияние тофу на организм человека. Способы получения тофу // Академическая публицистика. 2021. № 11. С. 22–26.
8. Kyoto Prefectural Tofu and Fried Tofu Producers Association. URL: <https://tofu.or.jp/trivia/variety> (дата обращения: 20.02.2025).
9. Костенко А. А. Способы производства сыра тофу // Научные труды Дальрыбвтуза. Серия: Технология и управление качеством пищевых продуктов. 2015. Т. 35. С. 143–148.
10. Бикаева М. К., Бокова В. И. Особенности производства тофу // Вопросы науки. 2022. № 1. С. 53–55.

11. Zheng L., Regenstein J., Teng F., Li Y. Tofu products: a review of their raw materials, processing conditions, and packaging // *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2020. 32 p.
12. Способ получения бобового продукта типа сыр тофу: пат. 2782858 Рос. Федерация. № 2021131569 / Вебер А. Л., Леонова С. А.; заявл. 04.10.2021; опубл. 03.11.2022. Бюл. № 31. 10 с.
13. Способ получения соевого продукта типа сыра тофу: пат. 2178658 Рос. Федерация. № 2000118965/13 / Константинова О. В., Малиновская В. С., Никуленкова Т. Ф.; заявл. 17.07.2000; опубл. 17.07.2000. 8 с.
14. Способ получения сыра тофу: пат. 2588459 Рос. Федерация. № 2015121253/10 / Ким И. Н., Костенко А. А.; заявл. 03.06.2015; опубл. 27.06.2016. Бюл. № 18. 10 с.
15. Айбазова К. А. Пищевая ценность и технология производства сыра тофу // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК. (24–26 марта 2021 г.): материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся. Санкт-Петербург, 2021. С. 140–143.
16. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. Москва: ДеЛи принт, 2002. 237 с.
17. Способ получения соевого белкового материала, богатого изофлавоном, и соевый белковый материал: пат. 2197095 Рос. Федерация. № 99125550/13 / Бриэн Б. А., Гевара Ф. Б.; заявл. 02.12.1999; опубл. 27.01.2003. 13 с.
18. Сенченкова Е. А., Боровская Л. В. Процесс коагуляции белков молока // *The Scientific Heritage.* 2021. № 80. С. 28–31.
19. Фанг-Юнг А. Ф., Флауменбаум Б. Л., Изотов А. К. Технология консервирования плодов и овощей. Москва: Пищепромиздат, 1956. 211 с.

References

1. Vegetarianstvo [Vegetarianism]. Available at: <https://toitumine.ee/ru/samoogranicheniya-v-pitanii/vegetarianstvo> (accessed 23 February 2025).
2. Sotsopros: tol'ko 2 % rossiyan yavlyayutsya vegetariantsami [Social survey: only 2% of Russians are vegetarians]. Available at: <https://www.mazm.ru/article/a-2122.php> (accessed 21 February 2025).
3. Vegetarianstvo i veganstvo: za i protiv [Vegetarianism and veganism: pros and cons]. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/vegetarianstvo-i-veganstvo-za-i-protiv> (accessed 21 February 2025).
4. Gorodnicheva E. A. Vegetarianstvo [Vegetarianism]. *Sovremennaya nauka: problemy, idei, tendentsii* (28 marta 2016 g.): *materialy mezhdunar. (zaoch.) nauch.-prakt. konf.* [Modern Science: problems, ideas, trends (28 March 2016): Proc. of the International (correspondence) Scientific and Practical Conf]. Minsk, 2016, pp. 44–48.

5. Evseev A. B. Vegetarianstvo i ego vliyanie na organizm cheloveka [Vegetarianism and its impact on the human body]. *Byulleten' nauki i praktiki*, 2022, vol. 8, no. 9, pp. 389–399.
6. *Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov* [Chemical composition of food products]. Pod red. I. M. Skurikhina, M. N. Volgareva. Moscow, VO "Agropromizdat" Publ., 1987, 361 p.
7. Kustova O. S., Vladimirova E. V. Vliyanie tofu na organizm cheloveka. Spособy polucheniya tofu [The effect of tofu on the human body. Methods of tofu production]. *Akademicheskaya publitsistika*. 2021, no. 11, pp. 22–26.
8. Kyoto Prefectural Tofu and Fried Tofu Producers Association. Available at: <https://tofu.or.jp/trivia/variety> (accessed 20 February 2025).
9. Kostenko A. A. Spособy proizvodstva syra tofu [Methods of tofu cheese production]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza, seriya: Tekhnologiya i upravlenie kachestvom pishchevykh produktov*, 2015, vol. 35, pp. 143–148.
10. Bikaeva M. K., Bokova V. I. Osobennosti proizvodstva tofu [Features of tofu production]. *Voprosy nauki*, 2022, no. 1, pp. 53–55.
11. Zheng L., Regenstein J., Teng F., Li Y. Tofu products: a review of their raw materials, processing conditions, and packaging. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2020, 32 p.
12. Veber A. L., Leonova S. A. Spособ polucheniya bobovogo produkta tipa syr tofu [Method for producing a legume product such as tofu cheese]. Patent RF, no. 2021131569, 2021.
13. Konstantinova O. V., Malinovskaya V. S., Nikulenkova T. F. Spособ polucheniya soevogo produkta tipa syra tofu [Method for obtaining a soybean product of the tofu cheese type]. Patent RF, no. 2000118965/13, 2000.
14. Kim I. N., Kostenko A. A. Spособ polucheniya syra tofu [Method for obtaining tofu cheese]. Patent RF, no. 2015121253/10, 2015.
15. Aybazova K. A. Pishchevaya tsennost' i tekhnologiya proizvodstva syra tofu [Nutritional Value and Production Technology of Tofu Cheese]. *Intellektual'nyy potentsial molodykh uchenykh kak drayver razvitiya APK (24-26 marta 2021 g.): materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i obuchayushchikhsya* [Intellectual Potential of Young Scientists as a Driver for the Development of the Agricultural Industry (24–26 March 2021): Proc. of the International Scientific and Practical Conf. of Young Scientists and Students]. Saint-Petersburg, 2021, pp. 140–143.
16. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov* [Chemical composition of Russian food products]. Pod red. I. M. Skurikhina, V. A. Tutel'yana. Moscow, DeLi print Publ., 2002, 237 p.
17. Brien B. A., Gevara F. B. Spособ polucheniya soevogo belkovogo materiala, bogatogo izoflavonami, i soevyy belkovyy material [Method for producing soy protein material rich in isoflavones and soy protein material]. Patent RF, no. 99125550/13, 1999.

18. Senchenkova E. A., Borovskaya L. V. Protsess koagulyatsii belkov moloka [The process of coagulation of milk proteins]. *The Scientific Heritage*, 2021, no. 80, pp. 28–31.

19. Fang-Yung A. F., Flaumenbaum B. L., Izotov A. K. *Tekhnologiya konservirovaniya plodov i ovoshchey* [Technology of preserving fruits and vegetables]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1956, 211 p.

Информация об авторах

В. К. Олейник – студентка кафедры пищевой биотехнологии

Н. Ю. Ключко – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Information about the authors

V. K. Oleinik– student at the Department of Food Biotechnology

N. Yu. Klyuchko – PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 10.03.2025; одобрена после рецензирования 19.03.2025; принята к публикации 21.03.2025.

The article was submitted 10.03.2025; approved after reviewing 19.03.2025; accepted for publication 21.03.2025.

Научная статья

УДК 664.8/.9, 664.664.9

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-84-96

Перспективы применения зостерина в технологии рыбных кулинарных изделий

Анастасия Валерьевна Чернова

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

anastasia.chernova@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0530-9616>

Аннотация. Представлены научно обоснованные решения по расширению ассортимента рыбных кулинарных изделий профилактического назначения. Кулинарная продукция вырабатывалась на основе такого рыбного сырья, как минтай, который является основой вылова в России согласно изученным статистическим данным. Профилактического воздействия на желудочно-кишечный тракт достигали за счет применения биологически активной добавки – зостерина – в концентрациях от 1 до 8 % в зависимости от вида продукта. Зостерин – полигалактоуронан морской травы зостеры (*Zostera marina*), собранной в Дальневосточном регионе России и произведенный в Московской области. Обоснованы функциональные свойства зостерина в качестве структурообразователя рыбного фарша, используемого при производстве рыбных кулинарных изделий типа наггетсов и маффинов. Данная добавка улучшит влагоудерживающую способность, а значит, и сочность фарша, а также формуемость изделий. Кроме того, будет увеличиваться стойкость изделий при транспортировании, так как зостерин влияет на прочность продукта. В результате совокупности данных по исследованию органолептических, физико-химических и реологических показателей предложены следующие виды изделий: рыбные наггетсы, приготовленные с добавлением 3 % зостерина, и безглютеновые рыбные маффины с соотношением рыбы и остальных ингредиентов, равным 1:1, концентрацией зостерина 5 %. Разработанные виды продукции могут явиться источником пищевых волокон (содержание пищевых волокон не менее 3 г на 100 г для твердой пищевой продукции согласно требованиям Технического регламента), что положительно скажется на нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта.

Ключевые слова: минтай, маффин, наггетс, фарш, зостерин.

Для цитирования: Чернова А. В. Перспективы применения зостерина в технологии рыбных кулинарных изделий // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 84–96. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-84-96.

Original article

Prospects of zosterin application in fish products technology

Anastasiya V. Chernova

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, anastasiya.chernova@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0530-9616>

Abstract. The paper presents scientifically substantiated solutions to expand the range of fish culinary products for preventive purposes. The culinary products have been produced on the basis of such fish raw material as pollock, which is the basis of catch in Russia, according to the studied statistical data. The preventive effect on the gastrointestinal tract has been achieved through the use of biologically active additive – zosterin – in concentrations from 1 to 8%, depending on the type of product. Zosterin is polygalactouronan of sea grass *Zostera marina*, collected in the Far East region of Russia and produced in the Moscow region. Functional properties of zosterin as a structure-forming agent of fish mince used in the production of fish culinary products such as nuggets and muffins have been substantiated. This additive will improve the moisture-holding capacity, and therefore the juiciness of minced meat, as well as the formability of products. In addition, it will increase the stability of products during transportation, as zosterin affects the strength of the product. As a result of the collected data on the study of organoleptic, physicochemical and rheological parameters the following types of products have been proposed: fish nuggets, cooked with the addition of 3% zosterin and gluten-free fish muffins with the ratio of fish and other ingredients, equal to 1:1, and with a concentration of zosterin 5%. The developed types of products can be a source of dietary fiber (content of dietary fiber not less than 3 g per 100 g for solid food products according to the requirements of the Technical Regulations), which will positively affect the normalization of the gastrointestinal tract.

Keywords: pollock, muffin, nuggets, minced meat, zosterine.

For citation: Chernova A. V. Prospects of zosterin application in fish products technology. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):84–96. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-84-96.

ВВЕДЕНИЕ

Вылов минтая в РФ по итогам 2024 года составит около 2 млн т, по данным Ассоциации добытчиков минтая, на него придется около 40 % от всего российского вылова [1]. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний и Ассоциации добытчиков минтая начали сотрудничество по популяризации включения рыбы в меню здорового рациона питания, необходимого для ведения правильного образа жизни и профилактики неинфекционных заболеваний [1, 2].

Использование безглютеновой пищи является одной из самых популярных диетических тенденций в настоящее время, и причина этого – растущее количество людей, страдающих целиакией и чувствительностью к глютену, а также тех, кто решил исключить глютен из своей диеты ради улучшения здоровья в целом. Согласно исследованиям, около 2 % населения страдает скрытой формой целиа-

кии, тогда как до 20 % людей имеют ту или иную чувствительность к глютену [3]. Представленные в настоящее время на рынке безглютеновые изделия характеризуются в целом низкой пищевой ценностью по содержанию белка [3]. Таким образом, расширение ассортимента кулинарных изделий с рыбным фаршем, в том числе и лечебно-профилактического назначения, является перспективной задачей, стоящей перед пищевой промышленностью [4, 5].

Производство рыбной продукции из фарша требует применения структурообразователей. Полисахариды с собственной биологической активностью могут иметь различную структуру в зависимости от источника их получения или метода экстракции. Они подвержены физическим, химическим и ферментативным изменениям [6]. Многочисленные функциональные группы, присутствующие в их структуре, являются причиной различных функциональных возможностей, а определенные модификации могут позволить найти им применение в продуктах питания. Пектины морских водорослей и трав обладают свойствами связывать значительное количество влаги, а также увеличивать вязкость, образовывать стойкие суспензии. Они не теряют своих свойств под воздействием давления при формировании изделия, а также при высоких и низких температурах во время тепловой обработки и хранения [7]. В настоящее время существует тенденция использовать пектин при производстве съедобных покрытий для защиты пищевых продуктов, antimicrobial пленок на биологической основе, наночастиц [6, 8]. Достижения в методологии, использование различных источников экстракции и знания о структурных модификациях значительно расширили свойства, выходы и возможности применения этого полисахарида. В последнее время структурно модифицированный пектин показал лучшие функциональные свойства и биологическую активность, чем нативный. Кроме того, пектин можно использовать в сочетании с широким спектром биополимеров с различными свойствами и специфическими функциями. Также добавление пектина морских водорослей и трав значительно повышает пищевую ценность продуктов питания, как показывают исследования [4, 5, 7, 9, 10], к тому же пектин может послужить структурообразователем теста вместо глютена.

Зостера морская – многолетняя морская трава, обитает по всему побережью Черного моря, на берегах Азовского, Каспийского, Белого и дальневосточных морей [11]. Ее семена обладают огромным кулинарным потенциалом из-за сходства с другими зерновыми, из них можно производить муку и сбрасывать ее в спирт [12]. Зостерин – полигалактоуронан зостеры морской с содержанием низкомолекулярной фракции (от 1 до 30 кД) не менее 30 % – относится к группе органических природных сорбентов [13]. Исследования показывают, что на фоне комплексного лечения атопического дерматита с включением в терапию «Зостерин-ультра 60» наблюдается быстрое купирование гастроинтестинальных и кожных симптомов у детей с хроническим гастродуоденитом и атопическим дерматитом, при этом прием препарата не сопровождается никакими побочными эффектами [14]. Зостерин стимулирует иммунные реакции, а в дозе 100 мг/мл и выше защищает клетки от вирусов, подавляет рост грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, в том числе *S. aureus*, *E. Coli* [15]. Также выявлено антидотное влияние зостерина: у взрослых наблюдается снижение в моче ионов кобальта, меди, свинца, никеля и марганца, то есть всей группы тяжелых металлов [14, 15]. Таким образом, применение зостерина в качестве пищевого ингредиента

позволяет профилировать аллергические заболевания, а также нормализовать функции пищеварительной, выделительной и иммунной систем [15].

Целью исследовательской работы являлось расширение ассортимента рыбных кулинарных изделий профилактического назначения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве образцов были рассмотрены кулинарные изделия типа рыбных наггетсов с концентрацией зостерина 3; 5 и 8 % от массы рыбного сырья и безглютеновые рыбные маффины с концентрацией зостерина 1; 3 и 5 % от муки (смеси рисовой, амарантовой, льняной муки). Расчетная масса маффина была принята в 100 г. Соотношение рыбы и остальных ингредиентов в рыбных маффинах принимали равным 50 % на 50 %. Концентрации зостерина выбраны после анализа литературных данных медицинских исследований по применению данного вещества [11, 13, 14, 15], основным рыбным сырьем явился минтай мороженный по ГОСТ 32366-2013.

Для приготовления кулинарных рыбных изделий используют следующую технологию. Минтай размораживают воздушно-капельным способом, разделяют на тушку, промывают, пропускают через сепаратор для получения фарша. Для приготовления наггетсов в рыбный фарш добавляют специи по рецептуре, перемешивают в фаршемешалке и формируют наггетс в форме круга толщиной 1 см, диаметром 5 см. Полуфабрикат панируют и обжаривают во фритюре в течение 60 с при температуре 180 °С. Далее полуфабрикат направляется на доготовку в пароконвектомат при температуре 180 °С до достижения температуры в толще 80 °С. Для приготовления безглютеновых маффинов полученный фарш смешивается с предварительно просеянной смесью рисовой, амарантовой, льняной муки и разрыхлителем, а также растительным маслом. Замес длится 15 мин при скорости вращения тестомесильного органа 1000 об./мин, далее тесто разливают по формам. Термическая обработка производится в течение 30 мин при температуре 180 °С до достижения температуры в центре маффина 80 °С. После выпекания продукт охлаждают до температуры 25 °С на воздухе, возможно охлаждение в специальных охлаждающих камерах.

Массовую долю влаги маффинов определяли в соответствии с ГОСТ-21094-2022, кислотность – по ГОСТ 5670-96.

Пористость безглютеновых рыбных маффинов исследовали методом Завьялова.

Безопасность проверяли в соответствии с требованиями, предъявляемыми ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 10444.15-94, бактерии группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747-2012, *S. aureus* – по ГОСТ 31746-2012, сульфитредуцирующие клостридии – по ГОСТ 29185-2014, плесневые грибы и дрожжи – по ГОСТ 10444.12-2013, бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659-2012 (ИСО 6579:2002), *Listeria monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012, *V. parahaemolyticus* – в соответствии с инструкцией по санитарно-микробиологическому контролю № 5319-91, МУК 4.2.2046-06.

Анализ текстуры проводили на текстурном анализаторе Brookfield CT3. Параметры текстурометра, используемые при исследовании: вид зонда – цилиндрический, скорость – 0,5 мм/с, нагрузка – 10 000 г, глубина – 10,0 мм. Влагоудерживающую способность рыбных наггетсов определяли по методу Грау и Хамма. Органолептическую оценку наггетсов и маффинов проводили с помощью ГОСТ 7631 специально организованной дегустационной комиссией.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внешний вид образцов рыбных наггетсов представлен на рис. 1.



Рис. 1. Вид на разрезе, где слева направо: контроль и образцы с концентрацией зостерина 3 %, 5 %, 8 % соответственно

Fig. 1. Sectional view, from left to right: control and samples with a zosterin concentration of 3 %, 5 %, 8 %, respectively

Как видно из рис. 1, добавление зостерина влияет на внешний вид кулинарного изделия: с увеличением концентрации зостерина цвет становится более темным, что выразилось в отрицательных оценках дегустаторов при проведении тестирования органолептических характеристик. Кроме того, добавление зостерина улучшает консистенцию фарша, повышает его сочность, формуемость, однако превышение концентрации сверх 5 % приводит к появлению чрезмерного вкуса водорослей. Результаты органолептической оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты оценки органолептических показателей образцов кулинарного рыбного изделия типа наггетс

Table 1. Results of assessing the organoleptic characteristics of samples of culinary fish products such as nuggets

Наименование показателей качества	Контрольный образец	Образец с 3 % зостерина	Образец с 5 % зостерина	Образец с 8 % зостерина
Внешний вид	4,8±0,1	4,9±0,1	4,3±0,1	3,8±0,1
Консистенция	4,8±0,1	5,0±0,1	4,0±0,2	3,7±0,2
Цвет	4,5±0,2	4,8±0,2	3,8±0,1	2,9±0,2
Вкус	4,9±0,1	4,8±0,2	4,3±0,2	4,0±0,1
Запах	4,7±0,2	4,8±0,1	4,6±0,1	4,6±0,2

Таким образом, по результатам органолептической оценки наибольшее количество баллов получили контрольный образец и образец с концентрацией зостерина 3 %.



Рис. 2. Внешний вид образцов безглютеновых маффинов с концентрацией зостерина слева направо: 0 %, 1 %, 3 %, 5 %

Fig. 2. Appearance of gluten-free muffins samples with zosterin concentration from left to right: 0 %, 1 %, 3 %, 5 %

Таблица 2. Органолептическая оценка маффинов с разной концентрацией зостерина

Table 2. Organoleptic evaluation of muffins with different zosterin concentrations

Показатели	Результаты оценки маффина в зависимости от концентрации зостерина			
	0 %	1 %	3 %	5 %
Форма	Овальная	Круглая	Круглая	Круглая
Характеристика корки	Светло-коричневый цвет с ровной поверхностью	Коричневый цвет с неровной поверхностью, а также с трещинами и надрывами	Коричневый цвет с неровной поверхностью, а также с трещинами и надрывами	Светло-коричневый цвет с ровной поверхностью
Структура пористости	Мелкопористая	Мелкопористая	Среднепористая	Среднепористая
Цвет мякиша	Светло-серый	Светло-серый	Серо-коричневый	Серо-коричневый
Вкус	Не выраженный	Неярко выраженный	Неярко выраженный	Рыбный
Запах	Неярко выраженный	Неярко выраженный	Рыбный	Рыбный

Из табл. 2 видно, что лучшими органолептическими свойствами обладает маффин с концентрацией зостерина 5 %, так как он имеет ровную поверхность по сравнению с другими образцами, где встречались трещины. Можно предположить, что это связано с положительным влиянием зостерина на структурообразующую способность теста. Также данный образец имел равномерную пористость, ярко выраженный вкус и запах рыбы, что выгодно отличало его от других образцов.

Исследование физико-химических показателей рыбных маффинов проводили согласно нормативам, представленным в табл. 3. Результаты отображены в табл. 4.

Таблица 3. Физико-химические показатели рыбных маффинов по нормативной документации

Table 3. Physico-chemical parameters of fish muffins according to regulatory documentation

Наименование показателя	Значение
Кислотность, град., не более	1,5
Массовая доля влаги, %, не более	56,0
Пористость, %, не менее	67,0

Таблица 4. Результаты физико-химических исследований рыбных маффинов с различной концентрацией зостерина

Table 4. Results of physicochemical studies of fish muffins with different concentrations of zosterin

Концентрация зостерина	0 %	1 %	3 %	5 %
Влажность мякиша, % не более	65,8	56,6	53,2	55,2
Кислотность мякиша, град. не более	0,6	0,9	1,1	1,5
Пористость мякиша, % не менее	47,3	51,5	67,8	66,4

Как видно из данных табл. 4, физико-химические показатели рыбных маффинов оставались в пределах нормы, указанной в табл. 3. С повышением концентрации зостерина увеличивается кислотность изделия, а также пористость мякиша, что благотворно сказывается на внешнем виде, а также вкусе.

Реологические исследования рыбных наггетсов (рис. 3) свидетельствуют о том, что с увеличением концентрации зостерина продукт становится более устойчивым к механическому воздействию, прочность увеличивается. Пиковая сила образца с концентрацией зостерина 3 % составила $30,12 \pm 0,55$ Н, образца с концентрацией зостерина 5 % – $57,69 \pm 0,30$ Н, образца с концентрацией зостерина 8 % – $75,00 \pm 0,75$ Н, что гораздо выше, чем у контрольного образца ($26,37 \pm 0,80$ Н). Таким образом, показано положительное влияние зостерина на формуемость полуфабриката, а также на сохранность во время транспортировки.

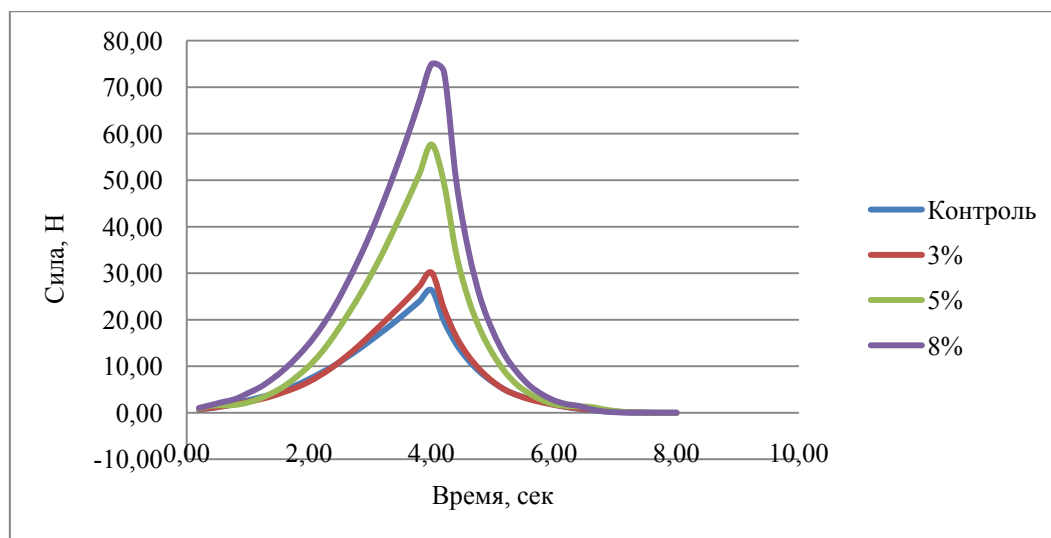


Рис. 3. Характер изменения силы сопротивления разрыву с течением времени
Fig. 3. Change in nuggets tensile strength over time

Установлена статистически достоверная зависимость силы сжатия наггетса от концентрации зостерина (рис. 4), что позволит в дальнейшем принимать решение о выборе концентрации данной добавки в зависимости от требуемой консистенции кулинарного изделия.

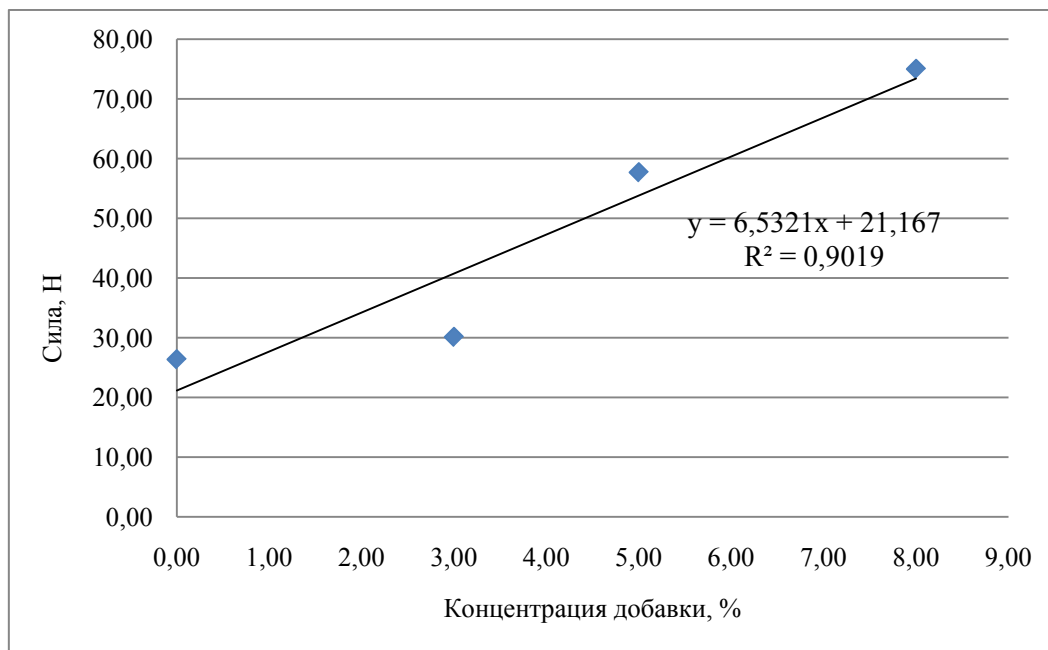


Рис. 4. Зависимость силы нагрузки на наггетс от концентрации зостерина
Fig. 4. Dependence of the load force on the nuggets on the concentration of zosterin

Данные, полученные на текстурометре, согласуются с исследованиями влагоудерживающей способности наггетсов, которая составила $73,7 \pm 0,6$ %; $75,8 \pm 0,3$ %; $77,0 \pm 0,3$ %; $79,0 \pm 0,5$ % для контрольного образца и образцов с концентрацией зостерина 3 %, 5 %, 8 % соответственно, т. е. с повышением концентрации зостерина увеличивается сочность фарша, а значит, и выход продукта.

Были получены результаты тестов на сжимаемость маффинов, что актуально для проектирования упаковки продукта. Маффин без зостерина практически не оказывал сопротивление при сжимаемости. Наблюдалось разрушение структуры под давлением зонда с момента касания им маффина. Маффин с концентрацией зостерина 1 % получил небольшие повреждения в процессе эксперимента, что показывает улучшение структуры за счет добавления зостерина, маффин становится более упругим. Разрушение структуры рыбных маффинов с добавлением 3 % зостерина происходило примерно на середине промежутка времени (20 сек) нагрузки зонда на образец. В результате наблюдались трещины по краям маффина. Образец маффина с концентрацией зостерина 5 % не претерпел никаких изменений в результате эксперимента, вернулся в первоначальную форму, не имея никаких разрушений. Пиковая сила образца с концентрацией зостерина 1 % составила $85,10 \pm 0,35$ Н, образца с концентрацией зостерина 3 % – $92,70 \pm 0,50$ Н, образца с концентрацией зостерина 5 % – $95,00 \pm 0,55$ Н, что выше, чем у контрольного образца с концентрацией 0 % ($76,35 \pm 0,50$ Н).

Таким образом, безглютеновые рыбные маффины с содержанием зостерина 5 % имеют лучшие показатели качества, а именно: влажность, пористость, кислотность и сжимаемость

Микробиологическому анализу подвергали пробы рыбных маффинов и наггетсов. Результаты микробиологических испытаний образцов наггетсов представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты микробиологических испытаний образцов рыбных наггетсов с зостерином 3 %

Table 5. Results of microbiological tests of samples of fish nuggets with zosterin 3%

Наименование показателя	Результаты испытаний
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	не обнаружены в 25 г продукта
<i>Listeria monocytogenes</i>	не обнаружены в 25 г продукта
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1,4 \cdot 10^5$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	не обнаружены в 0,001 г продукта

Образцы наггетсов соответствовали всем нормируемым микробиологическим критериям безопасности.

Результаты микробиологических исследований рыбных маффинов с зостерином 5 % представлены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты микробиологических исследований рыбных маффинов

Table 6. Results of microbiological studies of fish muffins

Наименование показателя	Результаты испытаний
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	не обнаружены в 25 г продукта
<i>Listeria monocytogenes</i>	не обнаружены в 25 г продукта
КМАФАнМ, КОЕ/г	$3,5 \cdot 10^2$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	не обнаружены в 1 г продукта
<i>Staphylococcus aureus</i>	не обнаружены в 1 г продукта
<i>V. parahaemolyticus</i> , КОЕ/г	не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии	не обнаружены в 1 г
Дрожжи, КОЕ/г	не обнаружены
Плесени, КОЕ/г	не обнаружены

В образцах рыбных маффинов санитарно-показательные, условно-патогенные и патогенные микроорганизмы не обнаружены. Основу микрофлоры составляли палочковидные бактерии рода *Bacillus* в споровой неактивной форме. Органолептические признаки маффинов оставались в пределах нормы: поверхностная корка была светло-коричневого цвета, сохранялась пористость изделия, а также рыбный вкус и запах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение зостерина в качестве структурообразователя в технологии кулинарных рыбных изделий перспективно.

Проведено обоснования рецептур безглютеновых рыбных маффинов и рыбных наггетсов. В результате реологических и физико-химических исследований было выявлено, что при соотношении рыбы и остальных ингредиентов в рыбных маффинах, равном 50 % на 50 %, наиболее предпочтительна концентрация зостерина 5 %. Рыбные наггетсы, приготовленные с добавлением 3 % зостерина, обладают необходимыми органолептическими показателями, достаточно низкой калорийностью при высоком содержании белка, высокой сочностью за счет сильной влагоудерживающей способности зостерина.

Также, согласно ТР ТС 021/2011, разработанные виды продукции – рыбный маффин с зостерином 5 % и рыбные наггетсы с зостерином 3 % – могут явиться источником пищевых волокон (содержание пищевых волокон не менее 3 г на 100 г для твердой пищевой продукции), а значит, данные продукты будут обладать профилактическими свойствами в плане нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта.

Список источников

1. Вылов минтая в России по итогам 2024 года составит около 2 млн т – эксперты. URL: <https://specagro.ru/news/202412/vylov-mintaya-v-rossii-po-itogam-2024-goda-sostavit-okolo-2-mln-t-eksperty> (дата обращения: 12.01.2025).
2. Ianelli J. N., Barbeaux S. J., McKelvey D. Assessment of Walleye Pollock in the Bogoslof Island Region. 2016. P. 301–311, (дата обращения: 04.01.2025).
3. Марченко Е. А., Шумилова Н. И., Медведева Е. В. Гидролизаты белков без глютена в продуктах питания // Хлебопродукты. 2022. № 4. С. 25–32.
4. Domínguez Díaz L., Fernández-Ruiz V., Cámara M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling // Journal of Functional Foods. 2020. N 68. P. 103896. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896> (дата обращения: 21.01.2025).
5. Ali T., Ali J. Factors affecting the consumers' willingness to pay for health and wellness food products // Journal of Agriculture and Food Research. 2020. N 2. P. 100076. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100076> (дата обращения: 10.01.2025).
6. Production and applications of pectin and alginate in food industries / Dey B. [et al] // Advanced Biophysical Techniques for Polysaccharides Characterization. Part 7. Academic Press, 2024. P. 179–188.
7. Чмыхалова В. Б. Перспективные направления использования бурых водорослей в пищевой промышленности // Вестник КамчатГТУ. 2012. № 21. С. 66–78.
8. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: a review / Freitas C. M. P. [et al] // Coatings, 2021. N 11. P. 922. URL: <https://doi.org/10.3390/coatings11080922> (дата обращения: 16.01.2025).

9. Сахарова О. В., Дементьева Н. В., Федосеева Е. В. Исследование влияния пищевых волокон на относительную биологическую ценность рыбостительных котлет // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9 (150). С. 127–133.
10. Эффективность препарата пищевых волокон псиллиума у больных с метаболическим синдромом / В. И. Чиркин [и др.] // Российский медицинский журнал. 2012. № 3. С. 37–41.
11. Козлов Г. Т. Зостерин. Перспективы переработки Камчатской зостеры // Вестник КамчатГТУ. 2004. № 3. С. 42–44.
12. Pérez-Lloréns J. L., Brun Fernando G. «Sea rice»: from traditional culinary customs to sustainable crop for high-end gastronomy? // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2023. N 34. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100814>. (дата обращения: 06.01.2025).
13. Влияние энтеросорбции на цитокиновый статус при гастродуодените и сопутствующих atopических заболеваниях у детей / В. П. Новикова [и др.] // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. № 1. С. 195–204.
14. Медико-биологическая оценка применения профилактических напитков у работающих во вредных условиях труда / А. Н. Никанов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 8. С. 43–46.
15. Зостерин: монография / Лоевко Ю. Н. [и др.]. Изд. 2-е, дополн. Владивосток: Дальнаука, 2013. 111 с.

References

1. Vylov mintaya v Rossii po itogam 2024 goda sostavit okolo 2 mln t – eksperty [The catch of pollock in Russia by the end of 2024 will be about 2 million tons – experts], available at: <https://specagro.ru/news/202412/vylov-mintaya-v-rossii-po-itogam-2024-goda-sostavit-okolo-2-mln-t-eksperty> (accessed 12 January 2025).
2. Ianelli J. N., Barbeaux S. J., McKelvey D. Assessment of Walleye Pollock in the Bogoslof Island Region, 2016, P. 301-311, available at: <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/data/2016-assessment-walleye-pollock-bogoslof-island-region> (accessed 04 January 2025).
3. Marchenko Ye. A., Shumilova N. I., Medvedeva Ye. V. Hidrolizaty belkov bez glyutena v produktakh pitaniya [Gluten-free protein hydrolysates in food products]. *Khleboprodukty*, 2022, no. 4, pp. 25–32.
4. Domínguez Díaz L., Fernández-Ruiz V., Cámara M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 2020, N 68. P. 103896, available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896> (accessed 21 January 2025).
5. Ali T., Ali J. Factors affecting the consumers' willingness to pay for health and wellness food products. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2020, N 2. P. 100076, available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100076> (accessed 10 January 2025).
6. Dey B. [et al.] Production and applications of pectin and alginate in food industries. *Advanced Biophysical Techniques for Polysaccharides Characterization. Part. 7*. Academic Press, 2024, P. 179–188.

7. Chmykhalova V. B. Perspektivnyye napravleniya ispol'zovaniya burykh vodorosley v pishchevoy promyshlennosti [Promising directions for the use of brown algae in the food industry]. *Vestnik KamchatGTU*, 2012, no. 21, pp. 66–78.
8. Freitas C. M. P. [et al.] Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: a review. *Coatings*, 2021, N 11. P. 922, available at: <https://doi.org/10.3390/coatings11080922>. (accessed 16 January 2025).
9. Sakharova O. V., Dement'yeva N. V., Fedoseyeva Ye. V. Issledovaniye vliyaniya pishchevykh volokon na otnositel'nyuyu biologicheskuyu tsennost' ryborastitel'nykh kotlet [Study of the influence of dietary fiber on the relative biological value of fish and vegetable cutlets]. *Vestnik KrasGAU*, 2019, no. 9 (150), pp. 127–133.
10. Chirkin V. I. [et al.] Effektivnost' preparata pishchevykh volokon psilliuma u bol'nykh s metabolicheskim sindromom [Effect of psyllium dietary fiber preparation for patients with metabolic syndrome]. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal*, 2012, no. 3, pp. 37–41.
11. Kozlov G. T. Zosterin. Perspektivy pererabotki Kamchatskoy zostery [Zosterin. Prospects for processing Kamchatka zostera]. *Vestnik KamchatGTU*, 2004, no. 3, pp. 42–44.
12. Pérez-Lloréns J. L., Brun Fernando G. "Sea rice": from traditional culinary customs to sustainable crop for high-end gastronomy? *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2023. N 34, available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100814>. (accessed 06 January 2025).
13. Novikova V. P. [et al.] Vliyaniye enterosorbtsii na tsitokinovyy status pri gastroduodenite i soputstvuyushchikh atopicheskikh zabolevaniyakh u detey [The influence of enterosorption on the cytokine status in gastroduodenitis and concomitant children atopical diseases]. *Meditsina: teoriya i praktika*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 195–204.
14. Nikanov A. N. [et al.] Mediko-biologicheskaya otsenka primeneniya profilakticheskikh napitkov u rabotayushchikh vo vrednykh usloviyakh truda [Medical and biological assessment of the use of preventive drinks among workers in hazardous work conditions]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2013, no. 8, pp. 43–46.
15. Loenko Yu. N. [et al.] Zosterin: monografiya [Zosterin: monograph]. Izd. 2-e, dopoln. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2013. 111 p.

Информация об авторе

А. В. Чернова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

Information about the author

A. V. Chernova – PhD in Engineering, associate professor of Food Technology Department

Статья поступила в редакцию 25.01.2025; одобрена после рецензирования 28.02.2025; принята к публикации 07.03.2025.

The article was submitted 25.01.2025; approved after reviewing 28.02.2025; accepted for publication 07.03.2025.

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

Научная статья

УДК 639.2; 532.58

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-99-111

Методика обоснования тяги на швартовых маломерного рыболовного судна

Александр Алексеевич Недоступ¹, Егор Ильич Сергеев², Павел Владимирович Насенков³, Карина Витальевна Коновалова⁴, Артур Александрович Волошин⁵, Егор Андреевич Анфилофьев⁶, Кирилл Владимирович Афиногенов⁷, Карина Андреевна Терентьева⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹nedostup@klgtu.ru

Аннотация. Актуальность описанного в статье исследования обусловлена необходимостью получения достоверной информации о тяге на швартовых для рыболовных судов, а также для транспортных судов, задействованных в буксировке рыболовных лодок как в прибрежной зоне, так и во внутренних водоемах РФ. Современное состояние маломерного рыболовного флота характеризуется наличием устаревших судов, требующих постоянного ремонта и модернизации. Одной из ключевых характеристик, определяющих эффективность рыболовного судна, является его тяга на швартовых, которая влияет на маневренность и безопасность судна в условиях ограниченного пространства. Однако необходимо отметить, что не всегда возможно точно определить тягу на швартовых маломерного судна, основываясь исключительно на математических зависимостях. Это связано с тем, что в математические модели включаются эмпирические коэффициенты, полученные не для всего диапазона характеристик различных типов рыболовных судов, их двигателей и типов винтов. Данное обстоятельство значительно ограничивает возможности применения математического аппарата для обоснования тяги на швартовых маломерного рыболовного судна. В статье представлены приближенные зависимости тяги на швартовых для рыболовного маломерного судна, что позволяет улучшить точность расчетов и повысить надежность эксплуатации флота. Данная методика может служить основой для дальнейших исследований в области оптимизации характеристик маломерного рыболовного флота и его обновления, что, в свою очередь, будет способствовать улучшению общей эффективности рыболовства в стране.

Ключевые слова: катамаран, гидродинамика, катамаран, эксперименты, бассейн.

© Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Коновалова К. В., Волошин А. А., Анфилофьев Е. А., Афиногенов К. В., Терентьева К. А., 2025

Финансирование: Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Разработка беспроводной системы контроля параметров трала с элементами искусственного интеллекта “Автотрал”».

Для цитирования: Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Конова-лова К. В., Волошин А. А., Анфилофьев Е. А., Афиногенов К. В., Терентьева К. А. Методика обоснования тяги на швартовых маломерного рыболовного судна // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 99–111. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-99-111.

Original article

Methodology for substantiating the traction on the mooring lines of a small fishing vessel

Aleksandr A. Nedostup¹, Egor I. Sergeev², Pavel V. Nasenkov³, Karina V. Konovalova⁴, Artur A. Voloshin⁵, Egor A. Anfilof'ev⁶, Kirill V. Afinogenov⁷, Karina A. Terent'eva⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹nedostup@klgtu.ru

Abstract. The relevance of the study is stipulated by the need to obtain reliable information on the mooring pull for fishing vessels, as well as for transport vessels involved in towing fishing boats both in the coastal zone and inland waters of the Russian Federation. The current state of the small fishing fleet is characterized by the presence of obsolete vessels that require constant repair and modernization. One of the key characteristics that determine the efficiency of a fishing vessel is its mooring pull, which affects the maneuverability and safety of the vessel in confined spaces. However, it should be noted that it is not always possible to accurately determine the mooring pull of a small vessel based solely on mathematical dependencies. This is due to the fact that the mathematical models include empirical coefficients obtained not for the entire range of characteristics of various types of fishing vessels, their engines and types of propellers. This circumstance significantly limits the possibilities of using the mathematical apparatus to justify the traction on the mooring lines of a small fishing vessel. The article presents approximate dependencies of the traction on the mooring lines for a small fishing vessel, which allows improving the accuracy of calculations and increasing the reliability of fleet operation. This technique can serve as a basis for further research in the field of optimizing the characteristics of the small fishing fleet and its renewal, which, in turn, will contribute to improving the overall efficiency of fisheries in the country.

Keywords: catamaran, hydrodynamics, catamaran, experiments, pool.

Funding: The study was carried out within the framework of the state assignment on the topic "Development of a wireless system for monitoring trawl parameters with elements of artificial intelligence “Autotrawl” ”.

For citation: Nedostup A. A., Sergeev E. I., Nasenkov P. V., Konovalova K. V., Voloshin A. A., Anfilofyev E. A., Afinogenov K. V., Terentyeva K. A. Methodology

for justifying thrust on mooring lines of a small fishing vessel. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):99–111. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-99-111.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых важных характеристик, служащей обоснованием подбора активного орудия промышленного рыболовства, в том числе разноглубинного трала, а также выбора транспортного судна, является определение располагаемой тяги рыболовного судна P_p [1–6]. Сопряжение располагаемой тяги судна (траулера) P_p и агрегатного трала R_x становится основной задачей при выборе активного орудия промышленного рыболовства, в нашем случае трала [7]. Схема прямолинейного движения рыболовного (а) и транспортного (б) судов представлена на рис. 1.

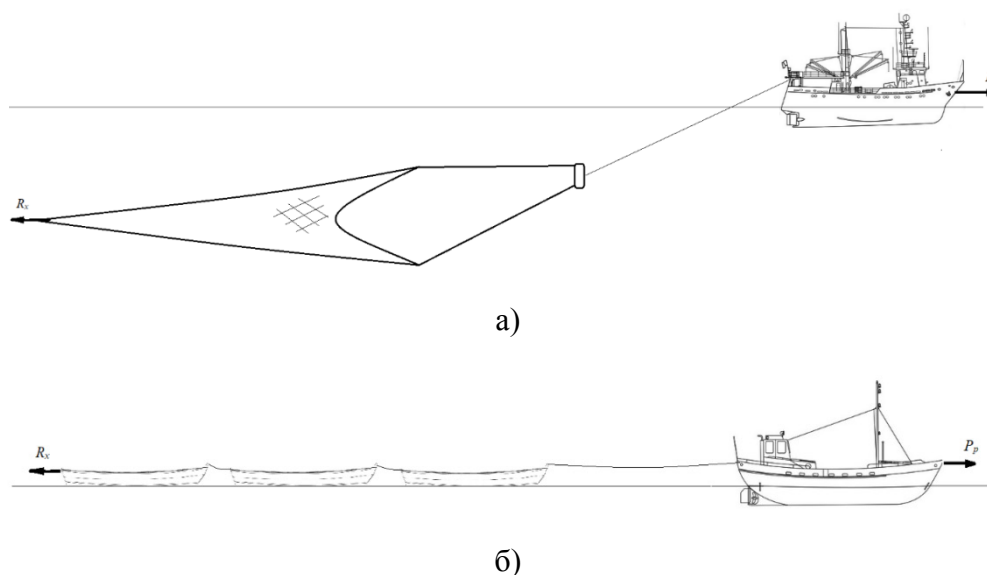


Рис. 1. Схематизация выражения $P_p \geq R_x$
а) рыболовное судно буксирует разноглубинный трал;
б) малый рыболовный бот буксирует лодки

Fig. 1. Schematization of an expression $P_p \geq R_x$
а) a fishing vessel towing a mid-water trawl;
b) a small fishing boat tows boats

На рис. 1 изображена схематизация выражения:

$$P_p \geq R_x, \quad (1)$$

где для варианта (а) судно-буксировщик, т. е. малый рыболовный траулер, который буксирует трал с заданной скоростью v и создает его агрегатное сопротивление R_x ; для варианта (б) судно буксировщик, т. е. малый рыболовный бот, буксирующий лодки с заданной скоростью v , которая позволяет перевозить улов с ми-

нимальными затратами на топливо и обеспечивает безопасность перевозок, при этом создает сопротивление лодок R_x .

Выражение (1) представим в виде

$$P_p(v) \geq R_x(v), \quad (2)$$

при условии, что P_p и R_x зависят от скорости буксировки v для одних и тех же тралов и лодок при постоянном раскрытии устья трала и постоянной осадке лодок.

Для маломерного флота крайне важна информация о располагаемой тяге рыболовных судов, а также транспортных судов, которые задействованы в процессе буксировки рыболовных лодок как в прибрежной зоне, так и во внутренних водоемах Российской Федерации. На сегодняшний день состояние маломерного рыболовного флота характеризуется наличием устаревших судов, которые требуют постоянного ремонта и технического обслуживания. В связи с этой ситуацией Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин поддержал инициативу о необходимости обновления маломерного флота, касающуюся Балтийского, Каспийского и Азово-Черноморского бассейнов. Данная инициатива была озвучена руководителем рыболовецкого колхоза Калининградской области на встрече с представителями агропромышленного комплекса, состоявшейся 5 марта 2024 года. Одной из ключевых характеристик, определяющих эффективность рыболовного судна, является его располагаемая тяга, которая непосредственно влияет на маневренность и безопасность судна в ограниченных водных пространствах, однако не всегда возможно точно определить располагаемую тягу маломерного судна, основываясь на математических зависимостях, поскольку в математическую модель включаются эмпирические коэффициенты, полученные не для всего диапазона характеристик различных типов рыболовных судов, их двигателей и типов винтов. Это обстоятельство значительно ограничивает возможности использования математического аппарата для обоснования и точного расчета располагаемой тяги рыболовного маломерного судна, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований в данной области.

Располагаемую тягу судна P_p можно оценить приближенно, без учета ветрового сопротивления надводной части корпуса, волнового сопротивления подводной части, а также без учета присоединенных масс воды:

$$P_p(v) = Z_0 - R_{xc}(v), \quad (3)$$

где Z_0 – тяга на швартовых; $R_{xc}(v)$ – сопротивление подводной части корпуса судна.

Тяга на швартовых Z_0 является первичным фактором для обоснования располагаемой тяги судна P_p , причем данный фактор зависит от параметров:

$$Z_0 = f(N_n, n_e), \quad (4)$$

где N_n – полезная мощность на валу главного двигателя; n_e – тип винта, который характеризует количество лопастей и шаг винта h .

Полезная мощность на валу главного двигателя определяется выражением

$$N_n = M\omega, \quad (5)$$

где M – крутящий момент на валу главного двигателя; ω – угловая скорость вала.

Коэффициент полезного действия оценивается по выражению

$$\eta = \frac{N_n}{N}, \quad (6)$$

где N – мощность двигателя.

Угловую скорость вала находим по формуле

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad (7)$$

где n – количество оборотов вала в минуту.

Соппротивление подводной части корпуса судна $R_{xc}(v)$ определяется на основании модельных опытов в бассейнах [8] или с помощью компьютерных программ. В нашем случае были проведены опыты с моделью катамарана в опытовом бассейне Калининградского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «КГТУ»). Характеристики модели катамарана ПК-1 указаны в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические и конструктивные характеристики катамарана ПК-1
Table 1. Geometric and structural characteristics of the catamaran FC-1

Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Материал корпуса
0,645	0,6	0,097	Стеклопластик, пеноплекс, деревянные балки

На рис. 2 изображен промышленный катамаран ПК-1.



Рис. 2. Модель катамарана ПК-1
Fig. 2. Catamaran model FC-1

В специализированной программе Maxsurf Resistance [9] также были определены значения сопротивления подводной части корпуса катамарана [8].

Для обоснования методики сопряжения тяги на швартовых маломерного рыболовного судна и агрегатного сопротивления траловой системы необходимо составить блок-схему основных систем промыслового катамарана (рис. 3).

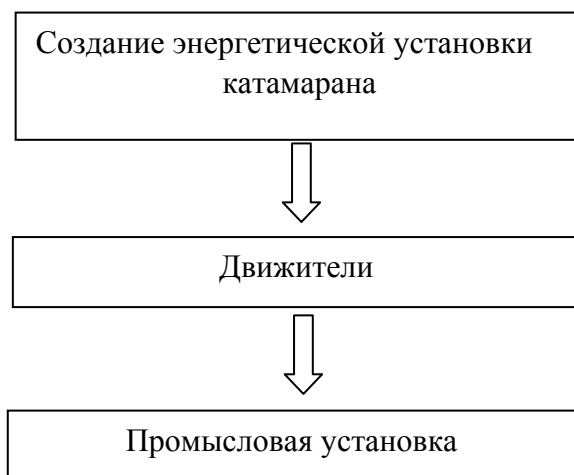


Рис. 3. Блок-схема основных систем промыслового катамарана
Fig. 3. Block diagram of the main systems of a fishing catamaran

ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

Создание промыслового катамарана ПК-1 выполнялось на основании всех процедур проектирования рыболовного судна, причем учитывалось важное обстоятельство: энергетическая установка – это аккумуляторы постоянного тока на 21 В, а двигатели – это электродвигатели постоянного тока на 21 В. Всего электродвигателей на катамаране шесть штук, по три на каждую лодку, из которых состоит ПК-1. Траловые лебедки включали электромоторы на 12 В и редукторы.

На рис. 4 изображен промысловый катамаран ПК-1 с двигателями, аккумуляторами и траловыми лебедками.



Рис. 4. Модель катамарана ПК-1 с двигателями, аккумуляторами и траловыми лебедками

Fig. 4. Catamaran model FC-1 with propellers, batteries and trawl winches

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты по определению тяги на швартовых катамарана выполнялись в малом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ» (рис. 5).



Рис. 5. Малый бассейн ФГБОУ ВО «КГТУ»
Fig. 5. Small pool at FSEI HE "KSTU"

Для проведения опытов использовался измерительный комплекс МІС-200 (рис. 6).



Рис. 6. Измерительный комплекс МІС-200
Fig. 6. Measuring complex MIC-200

Рассмотрим тягу на швартовых ПК-1 (табл. 2).

Таблица 2. Тяга на швартовых ПК-1

Table 2. Mooring pull of FC-1

Тип винта, диаметр винта D , мм	Количество лопастей n_6	Количество моторов n_m	Тяга на швартовых Z_0 Н	Максимальная скорость v_{max} , м/с	Относительный шаг винта h
 $D=39$ мм	3	2	2,0	0,35	0,018
		4	4,0	0,5	0,027
		6	6,0	0,55	0,029

Для сопоставления тяги на швартовых с номинальной мощностью на валу электромотора необходимо рассчитать относительный шаг винта при максимальной скорости движения модели судна:

$$h = \frac{v_{max}}{nD}, \quad (8)$$

где v_{max} – максимальная скорость судна; D – диаметр винта.

Из табл. 2 видно, что тяга на швартовых увеличивается пропорционально увеличению количества моторов.

Согласно данным [8], полученным по итогам исследования сопротивления подводной части катамарана, определим его коэффициент сопротивления c_x :

$$c_x = \frac{2R_{xc}}{\rho v^2 \Omega}, \quad (9)$$

где ρ – плотность воды 1000 кг/м^3 ; v – скорость судна; Ω – площадь подводной части корпуса катамарана.

В опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ» проведены исследования гидродинамических характеристик модели катамарана с учетом методики выполнения опытов с корпусами моделей судов [8, 10]. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний катамарана ПК-1

Table 3. Test results of the catamaran FC-1

Скорость v , м/с	Сопротивление R_{xc} , Н
0	0
0,99	0,19
1,52	0,54
2,51	0,69

Примечание: расстояние от бортов – 75 мм.

Результаты расчетов сведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты расчетов
Table 4. Calculation results

v , м/с	$Re=Lv/U$ 10^6	$Fr=v/\sqrt{gL}$	c_x 10^{-3}
0,99	0,63	0,398	1,2
1,52	0,96	0,596	1,8
2,51	1,60	0,994	0,8

Примечание: c_x – коэффициент полного сопротивления подводной части катамарана. Площадь смоченной поверхности катамарана без выступающих частей соответствовала $\Omega=0,31 \text{ м}^2$, плотность воды – $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$.

Воздушным сопротивлением модели катамарана пренебрегаем. Коэффициент кинематической вязкости воды в опытовом бассейне и гидроканале при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ составил $\nu=1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Экспериментальные исследования проводились в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ» (рис. 7) и гидроканале «Фишеринг Сервис» (рис. 8) с моделью разноглубинного трала 1,65/6 м.



Рис. 7. Эксперименты в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ»
Fig. 7. Experiments in the experimental pool of FSEI HE "KSTU"

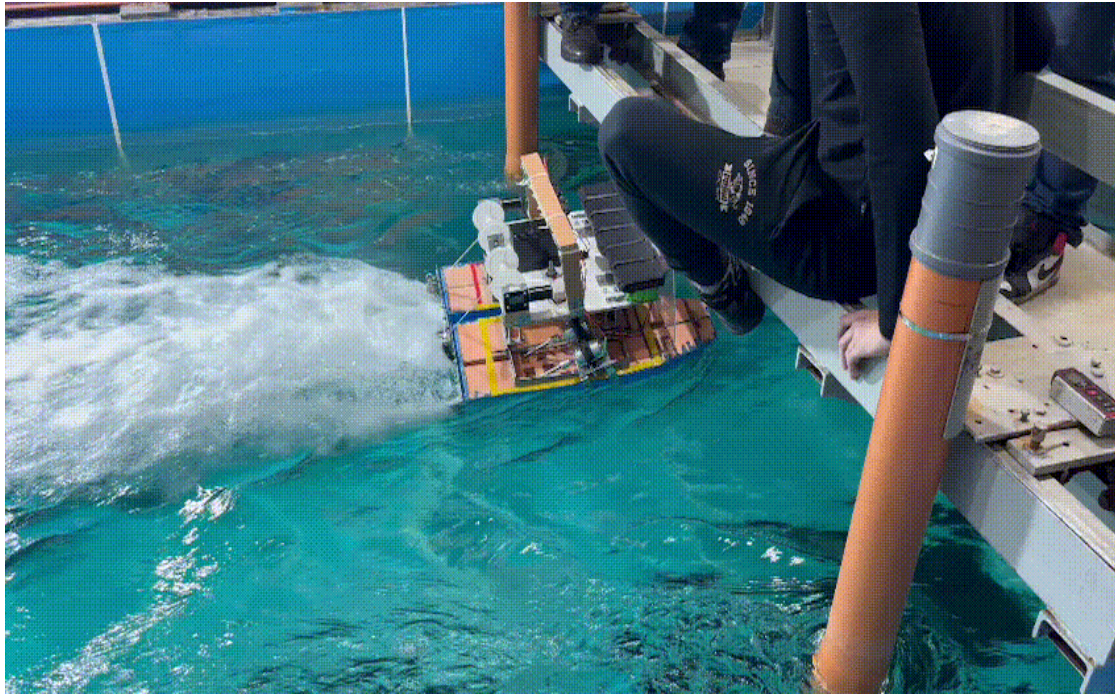


Рис. 8. Эксперименты в гидроканале «Фишеринг Сервис»
Fig. 8. Experiments in the «Fishing Service» hydrochannel

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработана методика обоснования тяги на швартовых маломерного рыболовного судна, предназначенная для применения в расчетах располагаемой тяги судна. Обоснованы экспериментальные исследования характеристик корпуса катамарана и его движительной установки.

Получены следующие результаты:

1. На методическом уровне прописаны задачи и пути решения проблемы обоснования тяговых характеристик промыслового катамарана.
2. Сопоставлены результаты экспериментальных исследований с методическим уровнем.
3. Обоснована методика получения тяги на швартовых рыболовного маломерного судна.

Список источников

1. Каменский Е. В., Терентьев Г. Б. Траулеры и сейнеры. Ленинград: Судостроение, 1978. 216 с.
2. Коршунов Л. П. Энергетические установки траулеров. Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1963. 296 с.
3. Бронников А. В. Проектирование судов. Ленинград: Судостроение, 1991. 320 с.
4. Севастьянов Н. Б., Раков А. И. Проектирование промысловых судов. Ленинград: Судостроение, 1981. 374 с.
5. Афрамеев Э. А., Рабинович Я. С. Некоторые гидродинамические особенности катеров-катамаранов // Судостроение. 1977. № 70. С. 56–58.
6. Колончин К. В., Левашов Д. Е. Особенности конструкции и оснащения современных зарубежных маломерных НИС-катамаранов, используемых в рыбохозяйственных целях // Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. 88–95.
7. Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Коновалова К. В., Волошин А. А. Приближенное обоснование тяги на швартовых маломерного рыболовного судна // Материалы XII Международного Балтийского морского форума 30 сентября – 04 октября 2024 года «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», XII Международная научная конференция. Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». 2024. С. 247–251.
8. Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Чуреев Е. А. Экспериментальные исследования катамарана // Известия Калининградского государственного технического университета. 2024. № 72. С. 105–114.
9. Официальный сайт Maxsurf Resistance. URL: [https:// maxsurf.net/resistance-and-power-requirements](https://maxsurf.net/resistance-and-power-requirements) (дата обращения: 14.08.2024).
10. Недоступ А. А., Дятченко С. В., Сергеев Е. И., Насенков П. В., Ражев А. О. Натурные эксперименты, физическое и имитационное моделирование гидродинамики корпуса катамарана, состоящего из двух моторных лодок типа «Wyatboat-430» // Морские интеллектуальные технологии. 2024. № 3 (1). С. 308–315.

References

1. Kamenskiy E. V., Terent'ev G. B. *Traulery i seynery* [Trawlers and seiners]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1978, 216 p.
2. Korshunov L. P. *Energeticheskie ustanovki traulerov* [Trawler Propulsion Systems]. Gosudarstvennoe soyuznoe izdatel'stvo sudostroitel'noy promyshlennosti Publ., 1963, 296 p.
3. Bronnikov A. V. *Proektirovanie sudov* [Ship design]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1991, 320 p.
4. Sevast'yanov N. B., Rakov A. I. *Proektirovanie promyslovykh sudov* [Design of fishing vessels]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1981, 374 p.
5. Aframeev E. A., Rabinovich Ya. S. Nekotorye gidrodinamicheskie osobennosti katerov-katamaranov [Some hydrodynamic features of catamaran boats]. *Sudostroenie*, 1977, no. 70, pp. 56–58.

6. Kolonchin K. V., Levashov D. E. Osobennosti konstruktssii i osnashcheniya so-vremennykh zarubezhnykh malomernykh NIS-katamaranov, ispol'zuemykh v rybokho-zyaystvennykh tselyakh [Features of the design and equipment of modern foreign small-sized research vessel-catamarans used for fishery purposes]. *Rybnoe khozyaystvo*, 2023, no. 3, pp. 88–95.

7. Nedostup A. A., Sergeev E. I., Nasenkov P. V., Konovalova K. V., Voloshin A. A. Priblizhennoe obosnovanie tyagi na shvartovykh malomernogo rybolovnogo sudna [Approximate justification of the traction on the mooring lines of a small fishing vessel]. *Materialy XII Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma 30 sentyabrya – 04 oktyabrya 2024 goda «Morskaya tekhnika i tekhnologii. Bezopasnost' morskoy industrii», XII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya* [Proc. of the XII International Baltic Maritime Forum September 30 – October 04, 2024 "Marine Engineering and Technology. Safety of the Maritime Industry", XII International Scientific Conference]. Kaliningrad, Izd-vo BGARF FGBOU VO «KGTU», 2024, pp. 247–251.

8. Nedostup A. A., Sergeev E. I., Chureev E. A. Eksperimental'nye issledovaniya katamarana [Experimental studies of a catamaran]. *Izvestiya KGTU*, 2024, no. 72, pp. 105–114.

9. Ofitsial'nyy sayt Maxsurf Resistance [Official website of Maxsurf Resistance]. Available at: [https:// maxsurf.net/resistance-and-power-requirements](https://maxsurf.net/resistance-and-power-requirements) (accessed 14 August 2024).

10. Nedostup A. A., Dyatchenko S. V., Sergeev E. I., Nasenkov P. V., Razhev A. O. Naturnye eksperimenty, fizicheskoe i imitatsionnoe modelirovanie gidrodinamiki korpusa katamarana, sostoyashchego iz dvukh motornykh lodok tipa «Wyatboat-430» [Full-scale experiments, physical and simulation modeling of hydrodynamics of the catamaran hull, consisting of two motor boats of the type "Wyatboat-430"]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2024, no. 3 (1), pp. 308–315.

Информация об авторах

А. А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства

Е. И. Сергеев – аспирант кафедры промышленного рыболовства

П. В. Насенков – старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства

К. В. Коновалова – ведущий инженер кафедры промышленного рыболовства

А. А. Волошин – магистрант кафедры промышленного рыболовства

Е. А. Анфилофьев – магистрант кафедры промышленного рыболовства

К. В. Афиногенов – магистрант кафедры промышленного рыболовства

К. А. Терентьева – магистрант кафедры промышленного рыболовства

Information about the authors

A. A. Nedostup – PhD, Associate Professor, head Department of Commercial Fisheries

E. I. Sergeev – Postgraduate Student of the Department of Commercial Fisheries

P. V. Nasenkov – Senior Lecturer of the Department of Commercial Fisheries

K. V. Konovalova – Leading Engineer of the Department of Commercial Fisheries

A. A. Voloshin – Master's Student of the Department of Commercial Fisheries

E. A. Anfilofyev – Master's Student of the Department of Commercial Fisheries

K. V. Afinogenov – Master's Student of the Department of Commercial Fisheries

K. A. Terentyeva – Master's Student of the Department of Commercial Fisheries

Статья поступила в редакцию 04.03.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 13.03.2025.

The article was submitted 04.03.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 13.03.2025.

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 присылать 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 подрисуночная 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 подрисуночной 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, W/m) – 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: $\mathbf{e}$ 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 крестика (×). 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 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). Приводятся актуальность темы исследования, его цели и задачи, на их основе дается анализ полученных материалов, доказывающаяся 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, орфографическим 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: *е* → *e*; *э* → *e*; *й* → *y*; *ы* → *y*; *ю* → *yu*; *я* → *ya*; *х* → *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. Макушина. 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., Андропова 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. Darstellung 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. Федерация. № 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: Friksionnye 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-ekonomicheskaya 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 ikhtiologii*, 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. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursoberegayushchie 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* in 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. Darstellung 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"ektov 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 ekologicheskii 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

Pravila tsitirovaniya istochnikov [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. Shiryayev – Doctor of Science (Sociology), Professor

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.

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 30.04.2025. Выход в свет 01.05.2025. Формат 60 x 88 (1/8).
Печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 10,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 15.