ISSN 2713-3222 (Online)

Научно-практический журнал
Дальневосточного государственного
технического рыбохозяйственного университета.
Издается с 1996 года

Том 74
4 | 2025

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА



ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
АКВАКУЛЬТУРА
И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

ВОПРОСЫ ИСТОРИИ
СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

74

SCIENTIFIC JOURNAL OF THE FAR EASTERN
STATE TECHNICAL FISHERIES UNIVERSITY

ISSN 2713-3222 (Online)

Научно-практический журнал
Дальневосточного государственного
технического рыбохозяйственного университета.
Издается с 1996 года

Том 74
4\2025

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Журнал «Научные труды Дальрыбвтуза» включен 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 по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки, по которым присуждаются ученые степени:
2.5.20. Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные) (технические науки),
4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки),
4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки),
4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (технические науки),
4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

телефон: (423) 244-21-91
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: http://nauch-tr.dgtru.ru

74

SCIENTIFIC JOURNAL OF THE FAR EASTERN
STATE TECHNICAL FISHERIES UNIVERSITY

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. № 4 (т. 74)

Научный журнал
Издается с 1996 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет». Адрес: Россия, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – **Клочков Юрий Сергеевич** – доктор технических наук, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ответственный редактор – **Харитонова Людмила Артемовна**, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток

Редакционная коллегия:

Ковалев Николай Николаевич – доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, *ответственный редактор рубрики «Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ»;*

Вальков Владимир Евгеньевич – кандидат технических наук, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, *ответственный редактор рубрики «Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство».*

Максимова Светлана Николаевна – доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, *ответственный редактор рубрики «Пищевые системы»;*

Руднев Борис Иванович – доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, *ответственный редактор рубрики «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)»;*

Шестак Ольга Игоревна – кандидат исторических наук, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, *ответственный редактор рубрики «Вопросы истории становления и развития рыбохозяйственной отрасли»;*

Бредихин Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва;

Ли Вэй – кандидат биологических наук, профессор, Даляньского океанологического университета, Далянь, Китай;

Дударенок Светлана Михайловна – доктор исторических наук, профессор, Институт Истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Владивосток;

Кадникова Ирина Арнольдовна – доктор технических наук, профессор, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

Кича Геннадий Петрович – доктор технических наук, профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И.Невельского, г. Владивосток;

Крикун Александра Игоревна – кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

Крюкова Елизавета Вячеславовна – доктор технических наук, профессор, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва;

Лях Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

Матросова Инга Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

Мезенова Ольга Яковлевна – доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет, Калининград;

Нгуен Ву Тхань – профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ), Ханой, Вьетнам;

Недоступ Александр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, Калининградский государственный технический университет, Калининград;

Осипов Евгений Валериевич – кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный технический рабохозяйственный университет, Владивосток;

Пивненко Татьяна Николаевна – доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

Поздняков Сергей Ефимович – доктор биологических наук, профессор, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), Владивосток;

Потапова Наталья Владимировна – доктор исторических наук, доцент, Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск;

Проценко Игорь Григорьевич – доктор технических наук, профессор, Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский;

Руднев Сергей Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава России, Кемерово;

Слуцкая Татьяна Ноевна – доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

Смирнов Андрей Анатольевич – доктор биологических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва; Северо-Восточный государственный университет, Магадан;

Соболенко Анатолий Николаевич – доктор технических наук, профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И.Невельского, Владивосток;

Стародубцев Павел Анатольевич – доктор технических наук, профессор, Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. адм. С.О.Макарова, Владивосток;

Табакаева Оксана Вацлавовна – доктор технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

Федирко Оксана Петровна – доктор исторических наук, доцент, Институт Истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток;

Цой Зоя Владимировна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Приморский государственный аграрно-технологический университет, Уссурийск;

Чупикова Елена Станиславовна – кандидат технических наук, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), Владивосток;

Шахов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж;

Шокина Юлия Валерьевна – доктор технических наук, профессор, Мурманский государственный технический университет, Мурманск.

© Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ 8

Блинова А. Л.
Вопросы фальсификации пищевой продукции на примере молока сырого и питьевого 8

Дмитриев К. О., Бредихин С. А., Нугманов А. Х.-Х., Осмоловский П. Д.
Сравнительный анализ выхода и химического состава эфирного масла из плодов кориандра посевного 16

Карлов В. А., Мезенова О. Я.
Специализированный напиток для спортсменов с применением биологически активных веществ ферментированных фруктов 25

Котов Н. Е., Полещук Д. В., Заяц Е. А., Максимова С. Н.
Определение рациональных значений массовой доли морских полисахаридов в модельных пищевых системах из вторичного сырья лососевых 38

Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л.
Влияние выбора контрольного образца на результаты биотестирования снековой продукции 47

Полещук Д. В., Кайко А. М., Котов Н. Е. Обоснование эффективности производства пищевой продукции из вторичного сырья тихоокеанских лососей 56

Попова С. Т., Крюкова Е. В.
Разработка мер предотвращения экономически мотивированной фальсификации молочной продукции 65

Сафронова Т. М., Панчишина Е. М., Кращенко В. В.
Изменение сенсорных свойств мышечной ткани рыб под влиянием термической обработки краткого интервала времени 74

Тимчук Е. Г.
Исследование динамики, научное обоснование гипотезы о механизме удаления влаги и оптимизация режимов микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра 89

Цибизова М. Е., Дубровина А. А.
Оценка потребительских предпочтений кулинарной рыбной продукции населения Астраханской области и России 100

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО 109

Вайнутис К. С., Воронова А. Н., Афанасьев К. А., Фоминов В. С., Буховец А. А.
Гельминты беспозвоночных гидробионтов северного побережья острова Русский (залив Петра Великого, Японское море) 109

Грибова К. А.
Анализ распределения квот добычи (вылова) терпугов в Восточно-Камчатской зоне ... 121

Летунова Е. А.
Размерно-возрастной состав и темп роста минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas у северо-восточного побережья Сахалина по данным 2021 г. 128

Марс Р. С., Вальков В. Е. Совместные российско-китайские проекты в сфере морской аквакультуры: опыт взаимодействия и перспективы развития 138

Михеев Е. В., Лескова С. Н., Ковалев Н. Н.
Синергетический эффект фитогормонов разных классов на рост и биохимический состав *Isochrysis galbana (*Parke, 1949)..... 144

Пилипчук Д. А.
Характеристики деформации и поле течения вокруг безузловой полиэтиленовой сети 156

Скуратов Н. А., Суконнов А. В., Попов С. В., Суконнова Т. Е., Львова Е. Е.
Сравнение результатов замеров усилия выборки тралового мешка с уловом на натурном судне с результатами, полученными на макете и с помощью зависимости 164

Сухорукова С. В.
Анализ распределения объемов квот добычи (вылова) сельди тихоокеанской по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне 172

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ) 185

Ганнесен В. В., Петрова Е. Е. Использование альтернативных видов топлива для декарбонизации морского судоходства 185

Руднев Б. И, Повалихина О. В.
Анализ конструктивных особенностей термоприёмников для определения параметров теплообмена в камере сгорания судовых дизелей 193

ВОПРОСЫ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ 202

Шестак О. И., Демчук П. А. Сравнительно-исторический анализ технологических траекторий в глобальном промышленном рыболовстве: XIX – XX вв. 202

CONTENTS

FOOD SYSTEMS 8

Blinova A. L. Issues of food product falsification using raw and drinking milk as an example 8

Dmitriev K. O., Bredikhin S. A., Nugmanov A. H.–H., Osmolovskiy P. D.
Comparative analysis of the yield and chemical composition of essential oil from coriander seeds. 16

Karlov V. A., Mezenova O. Ya.
Specialized athletic drink based on bioactive compounds from fermented fruits 25

Kotov N. E., Poleshchuk D. V., Zayats E. A., Maksimova S. N.
Determination of rational values of the mass fraction of marine polysaccharides in model food systems from recycled salmon 38

Panchishina E. M., Kornienko N. L.
The impact of the choice control sample on the results biotesting of snack products 47

Poleshchuk D. V., Kaiko A. M., Kotov N. E.
Foundation of the effectiveness food production from recycled Pacific salmon 56

Popova S. T., Kryukova E. V.
Development of measures to prevent economically motivated adulteration of dairy products 65

Safronova T. M., Panchishina E. M., Kraschenko V. V.
Changes in the sensory properties of fish muscle tissue under the influence of short-term heat treatment 74

Timchuk E. G.
Investigation of dynamics, scientific substantiation of the hypothesis about the mechanism of moisture removal and optimization of microwave vacuum drying of semi-hard cheese 89

Tsibizova M. E., Dubrovina A. A.
Evaluation of consumer preferences for culinary fish products among the population of the Astrakhan region and Russia 100

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES 109

Vainutis K. S., Voronova A. N., Afanasev K. A., Fominov V. S., Bukhovets A. A.
Helminths of invertebrate aquatic organisms of the northern coast of Russky island (Peter the Great bay, Sea of Japan). 109

Gribova K. A.
Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of terpuges in the East Kamchatka zone 121

Letunova E. A.
Size-age composition and growth rate of pollock *Gadus chalcogrammus* Pallas off the northeastern coast of Sakhalin according to 2021. 128

Mars R. S., Valkov V. E.
Joint Russian-Chinese projects in marine aquaculture: experience of interaction and development prospects 138

Mikheev E. V., Leskova S. E., Kovalev N. N.
Synergistic effect of phytohormones of different classes on growth and biochemical composition of *Isochrysis galbana* (Parke, 1949). 144

Pilipchuk D. A.
Deformation characteristics and flow field around a nodeless polyethylene mesh 156

Skuratov N. A., Sukonnov A. V., Popov S. V., Sukonnova T. E., Lvova E. E.
Comparison of the results of measurements of the effort of houl of a trawl bag with a catch on a full-life vessel with the results obtained on a model and with the help of the dependence 164

Sukhorukova S. V.
Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of Pacific herring by users in the Far Eastern fishery basin. 172

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY) 185

Gannesen V. V., Petrova E. E.
Using alternative fuels to decarbonise maritime shipping 185

Rudnev B. I., Povalikhina O. V.
Analysis designing of features thermocouples for definition local of parameters heat transfer in marine diesel combustion chamber 193

ISSUES IN THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE FISHERIES INDUSTRY 202

Shestak O. I., Demchuk P. A.
Comparative historical analysis of technological trajectories in global industrial fisheries: 19th – 20th centuries. 202

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 8–15.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Обзорная статья
УДК 664.95 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-01 EDN: ADFJAQ

Вопросы фальсификации пищевой продукции на примере молока сырого и питьевого

Анна Лобсановна Блинова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
blinova.al@dgtru.ru

Аннотация. Производство и реализация фальсифицированной молочной продукции является одним из барьеров развития молочной отрасли, способствует нечестной конкуренции на рынке и вводит в заблуждение потребителей относительно качества и полезности молока при его выборе. В статье на примере молока сырого и питьевого рассмотрены виды и способы их фальсификации, определены критерии подлинности молока и приведены нормативные документы для оценки соответствия молока этим критериям. Рассмотрена введенная в действие либеральная модель технического регулирования потребительского рынка, не противодействующая в полной мере появлению на рынке фальсифицированных молочных продуктов, в том числе молока, и росту фальсификата в 2024 г. по экспертным данным.

Ключевые слова: фальсифицированные продукты, молоко сырое и питьевое, идентификация, безопасность, качество, критерии подлинности молока

Для цитирования: Блинова А. Л. Вопросы фальсификации пищевой продукции на примере молока сырого и питьевого // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 8–15.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 8–15.

FOOD SYSTEMS

Review article

Issues of food product falsification using raw and drinking milk as an example

Anna L. Blinova
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
blinova.al@dgtru.ru

Abstract. The production and sale of falsified dairy products is one of the barriers to the development of the dairy industry, contributes to unfair competition in the market, and misleads consumers about the quality and usefulness of milk when choosing it. The article uses the example of raw and drinking milk to examine the types and methods of its falsification, define the criteria for the authenticity of milk, and provide regulatory documents for assessing the compliance of milk with these criteria. The liberal model of technical regulation of the consumer market, which was put into effect, is not fully effective in preventing the appearance of falsified dairy products, including milk, on the market and the growth of falsified products in 2024, according to expert data.

© Блинова А. Л., 2025

Keywords: falsified products, raw and drinking milk, identification, safety, quality, and criteria for the authenticity of milk

For citation: Blinova A. L. Issues of food product falsification using raw and drinking milk as an example. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 8–15. (In Russ.).

Введение

Качество пищевой продукции – это сложная система, состоящая из множества взаимосвязанных характеристик продукции и их свойств, которые имеют важное практическое значение для потребителя. Обеспечение и оценка качества продукции являются необходимыми действиями управления по всей цепочке жизненного цикла продукции.

Контроль за качеством пищевых продуктов на этапах их жизненного цикла осуществляется с целью выхода на рынок соответствующей продукции. Это возможно, если продукция соответствует действующим нормативным документам (техническим регламентам, документам по стандартизации).

Молоко и молочные продукты относятся к социально значимым товарам. Это ценные продукты, так как содержат легкоусвояемый белок и молочный жир – полезные источники здоровья. Получение качественного натурального молока является трудоемким и затратным процессом, поэтому для получения «легкой» прибыли недобросовестные предприниматели, в основном частные небольшие хозяйства, фальсифицируют молочное сырье и готовые молочные продукты, т.е. намеренно изменяют их состав и другие свойства, вводя в заблуждение покупателей.

Основной целью фальсификации является желание нарушителей получить незаконную прибыль за счет существенного удешевления себестоимости сырья и молочных продуктов. Этот факт подрывает рыночную конкуренцию, от которой страдают добросовестные предприниматели, поэтому процесс выявления фальсифицированной продукции актуален, так как имеет важное практическое значение.

Объектом исследования является качество сырого и питьевого молока (далее молока), а предметом – их фальсификация.

Методы исследования: поиск, анализ и сравнение.

Результаты исследования

В соответствии с Федеральным законом «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (№ 29-ФЗ) фальсифицированные пищевые продукты – это умышленно измененные продукты, имеющие скрытые свойства и качество, а также заведомо сопровождаемые недостоверной информацией, в том числе о составе, т.е. продукты, не соответствующие требованиям нормативному документу, по которому они изготовлены. Такие продукты не могут находиться в обороте [1].

Фальсификация, как правило, ухудшает показатели качества продукта. Подделке подлинности подвергается один или несколько показателей.

Рассмотрено 6 видов фальсификации, приемлемых для молока, для каждого из которых характерны свои способы подделки, а при комплексной фальсификации – сочетание нескольких видов подделки.

Способы и виды фальсификации молока приведены на рисунке.

Ассортиментная фальсификация производится полной заменой натурального продукта его менее ценным заменителем (например, маргарин вместо сливочного масла), что отражается на качестве продукта и, соответственно, на удовлетворении потребности покупателя в полноценном продукте. К этому виду широко распространенной фальсификации, прежде всего, относят пересортицу товара – действия, направленные на обман путем замены продукта

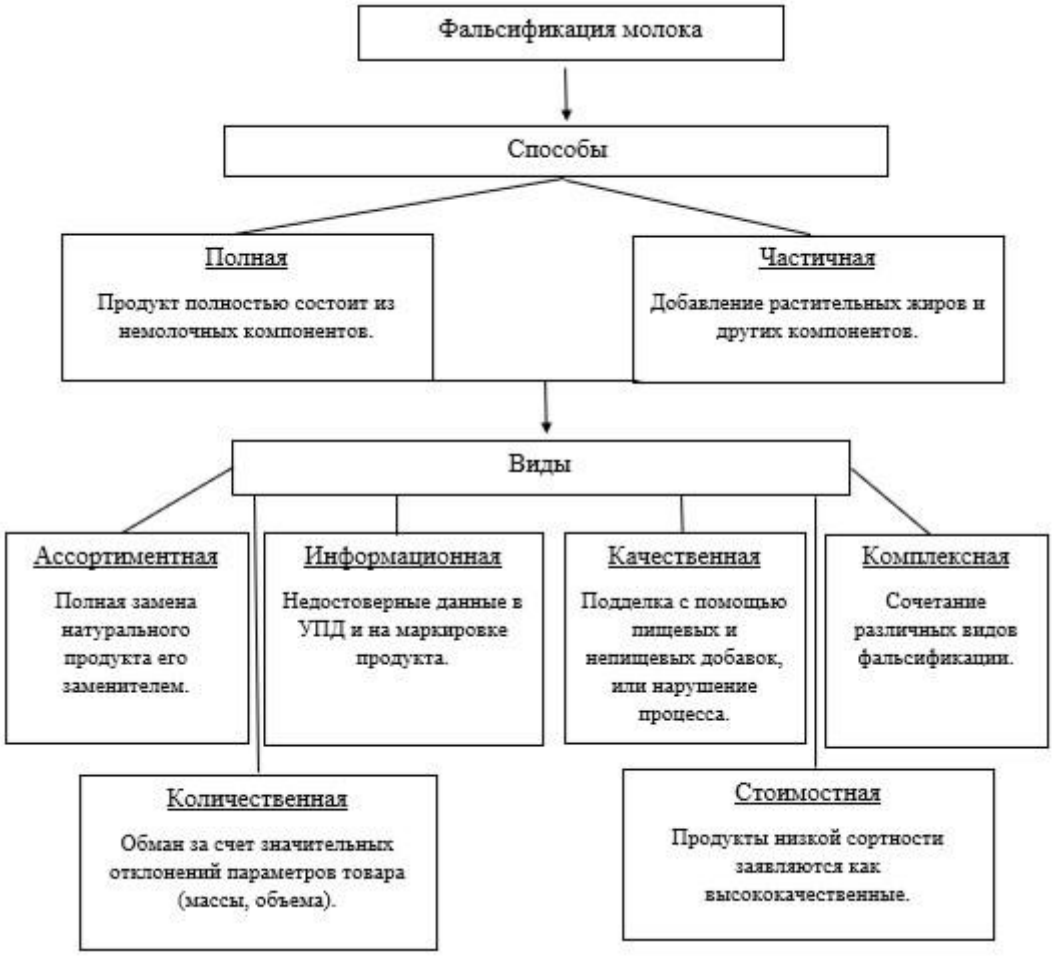
высшего сорта низшим (например, присвоение молоку сырому или маслу сливочному первого сорта как высшего).

Пересортица может быть вызвана по незнанию, но чаще всего – в корыстных целях. Вместе с тем есть продукты, качество которых, определяющее их товарный сорт, ухудшается при хранении, и возникает пересортица, носящая объективный характер, и если она не применяется в корыстных целях, то и не квалифицируется как фальсификация. Частичная замена компонентов в продукте относится к качественной фальсификации [2].

Качественная фальсификация – это подделка подлинного продукта внесением добавок (красителей, ароматизаторов, загустителей, консервантов и др., не предусмотренных рецептурой) или изменение показателей качества путем нарушения технологического процесса [3].

Молоко и некоторые молочные продукты можно фальсифицировать путем добавления воды, растительных жиров вместо молочных, превышением допустимых норм компонентов, указанных в нормативных документах.

Количественная фальсификация – это введение в заблуждение потребителя путем отклонений параметров продукта (массы, объема) от предельно допустимых метрологических норм отклонений – недовес, недолив.



Способы и виды фальсификации молока. Составлено автором
Methods and types of milk falsification. Compiled by the author

Стоимостная фальсификация – обман потребителя путем реализации низкокачественных продуктов по ценам высококачественных или товаров с меньшими массой или объемом по цене товаров с большими количественными значениями.

Этот вид фальсификации является самым распространенным, так как совмещает в себе и другие ее виды (ассортиментную, количественную). Более того, именно стоимостная фальсификация и является главной целью корыстного обмана потребителей, так как позволяет получить незаконную прибыль путем недобросовестного повышения стоимости продукта.

На потребительском рынке, где продукция реализуется по свободным ценам, зависящим только от конкуренции между изготовителями и импортерами, стоимостная фальсификация применяется как для продажи фальсифицированной низкокачественной продукции, не отвечающей требованиям нормативных документов, так и для ценовой конкуренции, в том числе для привлечения потребителей к своему продукту с помощью демпинговых цен.

Информационная фальсификация – это обман потребителя с помощью неполной или недостоверной информации о составе продукта или других его свойствах.

Этот вид фальсификации применяется при оформлении универсальных передаточных документов (УПД), обязательных при реализации продукции, путем искажения информации в декларациях о соответствии, маркировке и тем более рекламе. Все виды фальсификации чаще всего подкрепляются информационной фальсификацией.

При информационной фальсификации продукта чаще всего неточно указывают его наименование, изготовителя и его местонахождение, в том числе страну происхождения, состав продукта, условия и сроки его годности и даже фальсифицируется штриховой код.

Молоко сырое и питьевое по показателям безопасности должно соответствовать требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», а по показателям качества – стандартам ГОСТ Р 52054-2023 «Молоко коровье сырое. Технические условия» и ГОСТ 31450-2013 «Молоко питьевое. Технические условия» или же другому документу по стандартизации, в соответствии с которым молоко производится. Молоко сырое и питьевое относятся к молочным продуктам с массовой долей жира не менее 2,8 % (для сырого) и менее 10 % (для питьевого).

Обнаружение фальсификации молока зависит от объективности и оперативности используемых методов контроля, первоначальным этапом которого является идентификация продукта, т.е. отнесения его к объектам технического регулирования конкретного технического регламента. Цель идентификации – выявить и подтвердить подлинность конкретного вида и наименования продукта, а также соответствия определенным требованиям или информации о нем, указанной на маркировке и (или) УПД. Согласно нормативному документу (ТР ТС 033/2013) молоко идентифицируется по наименованию, визуальным методом, а также органолептическим и аналитическим методами в порядке их перечисления. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее эффективные методы – это органолептический и аналитический. Первый дает глубокую оценку запаха, вкуса, цвета и консистентности, но он субъективен и требует специализированных навыков. Второй имеет высокую точность, в том числе при определении содержания жира, белка и посторонних включений в молоке, но требует лабораторного оборудования и времени на проведение анализа.

К сожалению, в России к идентификации относятся как второстепенному этапу контроля или же проводят формально, не рассматривая ее целью выявления фальсификата [4]. Декларации о соответствии продукта заполняет сам изготовитель, гарантируя ее безопасность на основании результатов протоколов испытаний идентифицированных образцов, отобранных самостоятельно с нарушением установленного порядка отбора. Организация проведения контрольных мероприятий предусматривает предупреждение предприятия о предстоящей процедуре контроля. Контролирующим лицам может быть предоставлена к проверке продукция, идентификация которой не выявит фальсификат.

Для определения фальсификации молока были определены основные нормативные требования (критерии) подлинности, которые в большей степени подвергаются фальсификации.

В отношении натуральных молочных продуктов, которые чаще всего являются объектом фальсификации, основные критерии их подлинности приведены в Методических указаниях

МУ 4.1/4.2.2484 -2009 «Оценка подлинности и выявление фальсификации молочной продукции». Критерии подлинности молока сырого и питьевого приведены в табл. 1 [5].

Таблица 1

Критерии подлинности молока при различных способах его фальсификации

Table 1

Criteria for the authenticity of milk in various methods of its falsification

Вид продукции	Способ фальсификации	Критерии подлинности
1. Сырое молоко	Снижение пищевой ценности	Массовая доля жира Массовая доля белка Состав моно- и дисахаридов
	Использование нейтрализующих веществ	Содержание аммиака, перекиси водорода, соды
	Использование не молочных видов сырья, добавление растительных масел	Жирно-кислотный состав жировой части продукта Количество β-ситостеринов, кампестерина, стигмастерина и брассикастерина
	Использование консервантов	Отсутствие консервантов
	Фальсификация белкового азота (использование меламина)	Отсутствие меламина
2. Питьевое молоко	Все способы, приведенные для сырого молока	Все критерии, приведенные для сырого молока
	Отсутствие термической обработки	Проба на фосфатазу

Нормативное обеспечение определения критериев подлинности молока представлено стандартами и приведено в табл. 2 [5].

Таблица 2

Значение критериев подлинности молока и методы их определения

Table 2

The importance of milk authenticity criteria and methods for their determination

Критерии подлинности	Значение критерия	Метод контроля	
1. Массовая доля жира	По значению, заявленному в ветеринарном сертификате (для сырого молока) или в декларации о соответствии (для питьевого молока)	ГОСТ 22760. Молочные продукты. Гравиметрический метод определения жира	«Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов» / Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна, М., «Брандес», «Медицина», 1998 г.
2. Массовая доля белка	То же	ГОСТ 25179. Молоко. Методы определения белка	
3. Состав моно- и дисахаридов	Менее 2 % от содержания лактозы, нормируемой от 2,2 до 9,4 г/100 г	ГОСТ Р 51258. Молоко и молочные продукты. Метод определения сахарозы и глюкозы	

4. Содержание аммиака, перекиси водорода, соды	Не допускается	ГОСТ 24066. Молоко. Метод определения аммиака ГОСТ 24967. Молоко. Метод определения перекиси водорода ГОСТ 24065. Молоко. Методы определения соды	
5. Жирно-кислотный состав жировой части продукта	От 2,0 до 4,2 % от суммы жирных кислот	ГОСТ Р 51483. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии	
6. Количество β-ситостеринов, кампестерина, стигмастерина и брассикастерина	Менее 2 % (превышение этого значения свидетельствует об использовании растительного масла); норма содержания холестерина до 22 мг/100 г	ГОСТ Р 51471. Жир молочный. Метод обнаружения растительных жиров	
7. Отсутствие консервантов	Не допускается сорбиновая кислота и ее соли; бензойная и ее соли не более 0,01 %	ГОСТ 31504. Молоко и молочные продукты. Определение содержания консервантов и красителей	
8. Отсутствие меламина	Не допускается более 1,0 мг/кг	ГОСТ 34515. Молоко, молочная продукция, соевые продукты. Определение массовой доли меламина	
9. Проба на фосфатазу	Молоко должно выдержать испытание	ГОСТ 3623. Молоко и молочные продукты. Методы определения пастеризации	

Из содержания табл. 2 следует, что для выявления фальсификата имеется полная нормативная база для контроля подлинности молока. Значит, если бы процедуры оценки соответствия и государственного контроля (надзора) реально противодействовали фальсификации, то Правительству РФ не пришлось бы выносить постановления о поэтапной маркировке продуктов, в том числе молочных, идентификационным знаком «Честный знак», нанесение которого связано с высокими затратами для изготовителей. Суть маркировки заключается в нанесении знака двухмерным матричным кодированием для внедрения цифровой идентификации продуктов с целью сокращения фальсификата. Молочная продукция уже маркируется таким способом, а также контролируется через ФГИС «Меркурий», но отчетная информация контролирующих органов не свидетельствует о полной победе над фальсификатом. Недобросовестные изготовители пользуются обходом систем «Меркурий» и «Честный знак». По данным экспертов, за 2024 г. фальсификат в молочной отрасли составил 5 % и имеет тенденцию к росту.

Отмечается о росте доли молочных продуктов с заменителями молочного жира из-за недостатка натурального сырья, вынуждающего изготовителей использовать более дешевые растительные жиры. Себестоимость такой продукции снижается более чем в четыре раза, чем у подлинных аналогов, и эта фальсифицированная продукция востребована, особенно в сегменте общественного питания и при осуществлении государственных закупок.

Заявлено, что до 1 сентября 2025 г. Минсельхоз, Минпромторг и Роспотребнадзор должны дать предложения, которые увеличат ответственность за производство фальсифицированных молочных продуктов в виде введения штрафов, составляющих до 10 % от выручки недобросовестных изготовителей.

Действенным способом выявления фальсификата остается деятельность контролирующих органов, осуществляющих контроль за качеством и безопасностью пищевых продуктов, в том числе молочных, путем проведения лабораторных исследований, по результатам которых фальсифицированные продукты подлежат уничтожению. Рост фальсификата создает нездоровую конкуренцию для добросовестных производителей, реализующих не «псевдомолочные», а подлинные продукты. Бизнес-сообщество, как всегда, требует от государства более мягкое регулирование и предлагает альтернативные меры.

Заключение

Фальсификация молока связана с желанием недобросовестных лиц получить незаконную прибыль за счет существенного удешевления его себестоимости, что подрывает рыночную конкуренцию, от которой страдают добросовестные предприниматели.

Фальсифицированное молоко – это умышленно измененный продукт, имеющий скрытые свойства и качество, а также заведомо недостоверную информацию о его составе и других характеристиках.

Для молока используют шесть видов проанализированных фальсификаций, каждая их которых вводит в заблуждение потребителей при желании выбрать качественное молоко.

Подтвердить качество молока возможно при идентификации и определении критериев его подлинности методами, установленными в нормативных документах по стандартизации.

Действующая либеральная модель технического регулирования потребительского рынка не способствует в полной мере выявлению фальсифицированных молочных продуктов, о чем свидетельствуют данные экспертов о росте фальсификата в 2024 г. до 5 % от общего объема произведенной продукции. Это связано с искусственным исключением общепризнанных эффективных механизмов регулирования в форме оценки соответствия продукции и государственного контроля (надзора). Модель защищает бизнес от административных барьеров, но не способствует защите потребителей от приобретения фальсификата.

Список источников

1. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов». Принят Государственной Думой. 1 декабря 1999 года. N 29-ФЗ.

2. Дзахмишева И. Ш. и др. Идентификация и фальсификация непродовольственных товаров : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Товароведение и экспертиза товаров» / под общ. ред. И. Ш. Дзахмишевой. М., 2014.

3. Созыкин Г. Г. Управление качеством и экспертиза в товароведении : учеб. пособие. Челябинск : Челябинский институт (филиал) ГОУ ВПО «РГТЭУ», 2007.

4. Версан В. Контрафакт и фальсификация: как победим? // Стандарты и качество. 2018. № 2. С. 64–69.

5. Методические указания МУ 4.1/4.2.2484 – 2009. Оценка подлинности и выявление фальсификации молочной продукции (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 11 февраля 2009 г.).

Сведения об авторе

А. Л. Блинова – старший преподаватель кафедры управления техническими системами.

Information about the author

A. L. Blinova – Senior Lecturer of the Department of Technical Systems Management.

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 15.10.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 15.10.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 16–24.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 665.526:547.913 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-02 EDN: AIZQKQ

Сравнительный анализ выхода и химического состава эфирного масла из плодов кориандра посевного

Кирилл Олегович Дмитриев[1], Сергей Алексеевич Бредихин[2], Альберт Хамед–Харисович Нугманов[3], Павел Дмитриевич Осмоловский[4]
[1–4] Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия
[1] kirill_dmitriiev_00@mail.ru; ORCID: 0009-0007-1890-2810
[2] sbredihin_kpia@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-6898-0389
[3] nugmanov@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-4093-9982
[4] pavel.osmolovsku@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1131-1552

Аннотация. Представлены результаты сравнительного исследования эфирного масла плодов кориандра посевного (*Coriandrum sativum L.*). Целью работы была сравнительная оценка химического состава и технологических параметров экстракции эфирного масла методом гидродистилляции из двух образцов коммерческого и выращенного на опытных полях ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева». Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии установлено, что основным компонентом эфирного масла в обоих образцах является линалоол (72,70 и 75,02 %), определяющий биологическую активность. Второстепенные компоненты (камфора, гераниол, α-пинен и др.) формируют комплексный аромат и потенциал применения. Ключевым различием стала скорость экстракции образца эфирного масла, выращенного на опытных полях ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», выход 1 мл масла в 1,667 раза быстрее (90 мин против 150), несмотря на схожий химический состав. Это различие объяснено влиянием сортовых особенностей и агротехнических факторов. Результаты подчеркивают важность учета происхождения сырья для оптимизации промышленного производства эфирного масла из кориандра.

Ключевые слова: эфирно-масличные культуры, плоды кориандра посевного, эфирное масло, компонентный состав, гидродистилляция

Для цитирования: Дмитриев К. О., Бредихин С. А., Нугманов А. Х.-Х., Осмоловский П. Д. Сравнительный анализ выхода и химического состава эфирного масла из плодов кориандра посевного // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 16–24.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 16–24.

FOOD SYSTEMS

Original article

Comparative analysis of the yield and chemical composition of essential oil from coriander seeds

Kirill O. Dmitriev[1], Sergey A. Bredikhin[2], Albert H.–H. Nugmanov[3], Pavel D. Osmolovskiy[4]
[1–4] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
[1] kirill_dmitriiev_00@mail.ru; ORCID: 0009-0007-1890-2810
[2] sbredihin_kpia@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-6898-0389
[3] nugmanov@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-4093-9982
[4] pavel.osmolovsku@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1131-1552

© Дмитриев К. О., Бредихин С. А., Нугманов А. Х.-Х., Осмоловский П. Д., 2025

Abstract. This article presents the results of a comparative study of the essential oil of coriander fruit (*Coriandrum sativum L.*). The purpose of the work was a comparative assessment of the chemical composition and technological parameters of extraction of essential oil by hydrodistillation from two samples of commercial and grown in experimental fields of the Timiryazev Russian State Agrarian University. By gas chromatography-mass spectrometry, it was found that the main component of the essential oil in both samples is linalool (72.70 and 75.02 %), which determines the biological activity. The secondary components (camphor, geraniol, α-pinene, etc.) form a complex aroma and application potential. The key difference was the extraction rate. A sample of essential oil grown in experimental fields of the Timiryazev Russian State Agrarian University showed a yield of 1 ml of oil 1,667 times faster (90 minutes versus 150), despite the similar chemical composition. This difference is explained by the influence of varietal characteristics and agrotechnical factors. The results emphasize the importance of taking into account the origin of raw materials to optimize the industrial production of essential oil from coriander.

Keywords: essential oil crops, coriander seeds, essential oil, component composition, hydrodistillation

For citation: Dmitriev K. O., Bredikhin S. A., Nugmanov A. H.-H., Osmolovskiy P. D. Comparative analysis of the yield and chemical composition of essential oil from coriander seeds. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 16–24. (In Russ.).

Введение

Ценным ресурсом, обладающим комплексом органолептических и фармакологических свойств и обуславливающим широкое применение в промышленности являются пряно-ароматические растения. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к данной группе растений. Их экономическая значимость определяется масштабами международной торговли, где они занимают стабильную нишу экспортно-импортной продукции промышленного назначения. Особая функциональная ценность этих растений обусловлена содержащимся в их биохимическом составе эфирном маслом [1–3]. Эфирные масла представляют собой многокомпонентные смеси летучих низкомолекулярных соединений, добываемых из различных растений, которые обладают оздоровительным и терапевтическим действием, включая антисептическое, противоинфекционное, противовоспалительное и антибактериальное действия [4–5].

Важное хозяйственное значение как лекарственное, эфиромасличное и пряно-ароматическое сырье имеет кориандр посевной (*Coriandrum sativum L.*), который изначально произрастал в Средиземноморье, а в настоящее время культивируется повсеместно. Плоды кориандра широко используются в пищевой промышленности для ароматизации мясных и рыбных продуктов, колбас, маринадов, хлебобулочных и кондитерских изделий. В медицинских целях используются плоды, проявляющие спазмолитическое действие на ЖКТ, и эфирное масло, применяемое в фармацевтической, косметической и парфюмерной промышленности. Различия в химическом составе эфирных масел из разных частей растения определяют их дифференцированное применение: зеленную массу добавляют в карри и соусы, а плоды – в маринады и мясные продукты [6–7].

Хроматографические исследования, проводимые учеными в получении эфирных масел различными методами экстракции (например, паровая дистилляция, CO_2 – экстракция), демонстрируют доминирование линалоола (65–87 %) в составе плодов кориандра. Сопутствующими компонентами являются α-пинен (5,98 %), камфора (5,27 %), геранилацетат (4,65 %) и гераниол (1,90 %). Линалоол, выделяемый методом боновой очистки, служит ключевым полупродуктом для синтеза ряда ароматических веществ, таких как цитраль, линалиацетат, гераниол. Содержание камфоры в стандартизированном масле регламентировано на уровне не более 6 %, поскольку ее повышенные концентрации (7–8 %) осложняют синтез цитраля, применяемого в офтальмологической практике для лечения кератитов и конъюнктивитов [8–10].

Объект и методы исследования

Работа выполнена на базе кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева». Материалом для исследования послужили семена кориандра посевного *(Coriandrum sativum L.)*:

1. Коммерческий образец торговой марки «Пряная грядка» (г. Реутов) («Образец 1»).
2. Образец, выращенный в агроценозе на опытных полях кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева» («Образец 2»).

Плоды кориандра посевного исследуемых образцов соответствовали требованиям ГОСТ 17082.1-93 «Плоды эфиромасличных культур для промышленной переработки. Правила приемки и методы отбора проб». Количественное содержание эфирного масла определяли методом гидродистилляции и использованием аппарата Клевенджера (рис. 1) в соответствии с ГОСТ 17082.5-88 «Плоды эфиромасличных культур. Промышленное сырье. Методы определения массовой доли эфирного масла».

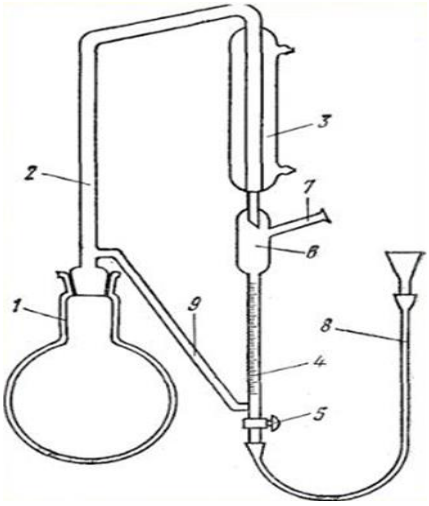


Рис. 1. Схема аппарата Клевенджера для количественного определения эфирного масла из растительного сырья: 1 – колба; 2 – паропроводная изогнутая трубка; 3 – холодильник; 4 – градуированный приемник; 5 – спускной кран; 6 – расширение приемника; 7 – боковая трубка приемника; 8 – резиновый шланг; 9 – сливная трубка (фото из открытых источников)

Fig. 1. Clevenger apparatus for the quantitative determination of essential oil from vegetable raw materials: 1 – flask; 2 – curved steam pipe; 3 – refrigerator; 4 – graduated receiver; 5 – drain valve; 6 – receiver extension; 7 – receiver side tube; 8 – rubber hose; 9 – drain tube (photos from open sources)

Данный метод основан на отгонке эфирного масла из сырья способом гидродистилляции с последующим измерением масла в градуированной части приемника. Перед анализом навески плодов кориандра исследуемых образцов массой 150 г очищали от посторонних примесей, измельчали на лабораторной мельнице для оптимизации экстракции летучих компонентов и увеличения площади контакта с дистиллятом. Измельченное сырье помещали в колбу дистилляционной установки и добавляли 750 мл дистиллированной воды (соотношение сырье : вода как 1 : 5), после чего колбу, соединенную затем с аппаратом Клевенджера, устанавливали на регулируемую электроплитку и производили нагрев колбы с образцом до начала интенсивного кипения (примерно 100 °С). После того, как появляются первые капли дистиллята, устанавливают начало отсчета времени отгонки, за 10 мин до конца отгонки прекращают. За 10 мин до завершения отгонки отключали насос, который способствовал нагнетанию охлажденной воды в холодильник, для полного стекания конденсированного эфирного масла со стенок в градуированный приемник. Также отключали нагрев, после чего установку отставляли в сторону при появлении пара в воздушной трубке аппарата. После завершения процесса охлаждения проводили учет объема эфирного масла, которое после измерения его количества

сливали в подготовленную микропробирку (эппендорф) для последующего анализа.

Качественный и количественный анализ химического состава эфирного масла, полученного методом гидродистилляции, проводили методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ/МС) на газовом хроматографе Shimadzu GCMS-QP2020 (Япония). Пробу анализа готовили путем разбавления 10 мкл эфирного масла в 1 мл гексана в стеклянном флаконе с герметичной крышкой до полного растворения. Обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения GCMS Solution, а идентификацию компонентного состава – путем сравнения компонентного состава зарегистрированных масс-спектров с данными библиотек стандартных спектров (например, NIST20R и NIST20M1).

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования проведена оптимизация режима гидродистилляции плодов кориандра с варьированием технологического процесса. На рис. 2 представлено фазовое разделение в приемнике аппарата Клевенджера, где наблюдается четкая граница раздела между эфирным маслом и гидролатом.



а б

Рис. 2. Визуализация гидростатического разделения фаз в системе «гидролат – эфирное масло» в приемнике аппарата Клевенджера после гидродистилляции плодов кориандра посевного: а – «Образец 1»; б – «Образец» 2. Фото авторов

Fig. 2. Visualization of hydrostatic phase separation in the "hydrolate – essential oil" system in the receiver of the Clevenger apparatus after hydrodistillation of coriander fruits: a – "Sample 1"; б – "Sample" 2

Благодаря разности плотностей эфирное масло формирует верхнюю фазу, а водный дистиллят возвращается в перегонную колбу через капиллярную систему, что обеспечивает непрерывность процесса дистилляции и минимизирует потери летучих компонентов. После того, как в приемнике накапливается определенное количество масла (1 мл), процесс останавливают и параллельно фиксируют продолжительность процесса дистилляции для каждого эксперимента (рис. 3).

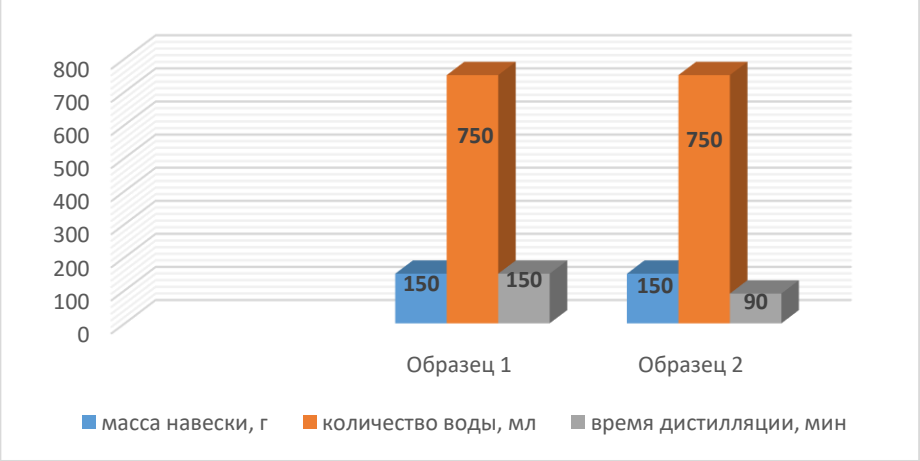


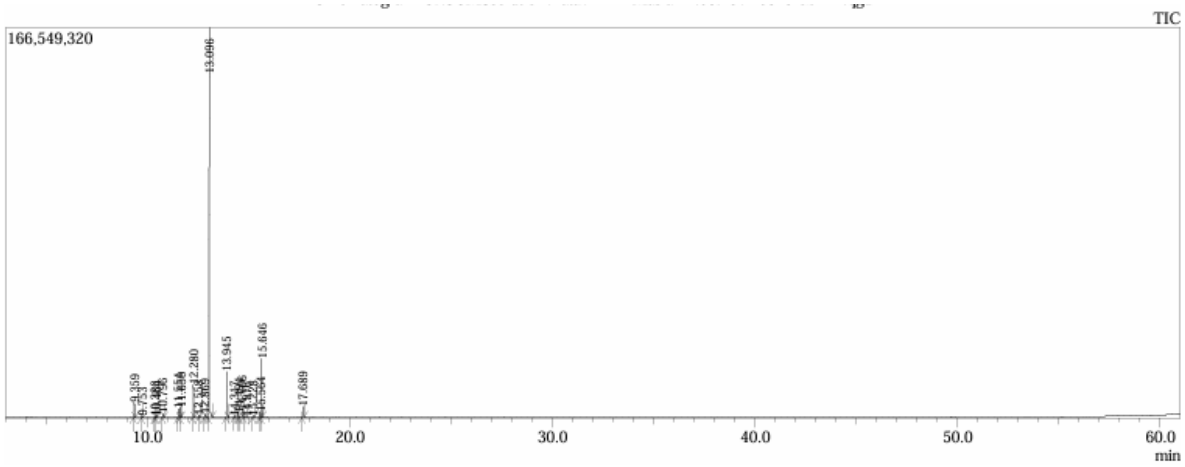
Рис. 3. Диаграмма сравнительной характеристики выхода 1 мл эфирного масла из плодов кориандра посевного. Составлено авторами

Fig. 3. Comparative characteristics of the yield of 1 ml of essential oil from the fruits of coriander seed. Compiled by the authors

Продолжительность процесса дистилляции эфирного масла из плодов кориандра посевного существенно различалась между исследуемыми образцами. Время экстракции для исследуемого эфирного масла из плодов кориандра посевного «Образец 1» составило 150 мин, что на 60 мин превышает время дистилляции эфирного масла плодов кориандра посевного «Образец 2» (90 мин), несмотря на то, что навески исследуемых образцов (150 г) и количество дистиллированной воды (750 мл) были идентичными. Существенное различие в 1,667 раза может быть по причине того, что исследуемое эфирное масло из плодов кориандра посевного «Образец 2» имеет особенности химического состава. Полученные данные коррелируют с результатами хроматографического анализа и могут быть объяснены влиянием агротехнических факторов возделывания сырья, таких как тип почвы, режим орошения и применение регуляторов роста.

Газовая хроматография разделяет вещества в смеси, используя различия в их способности растворяться и испаряться. Проба вводится в колонку с помощью инертного газа (например, азота или гелия), где компоненты разделяются. Скорость движения каждого вещества зависит от его взаимодействия с материалом колонки (неподвижной фазой) и газом-носителем (подвижной фазой). Отдельные компоненты затем фиксируются как пики на хроматограмме (рис. 4).

а



б

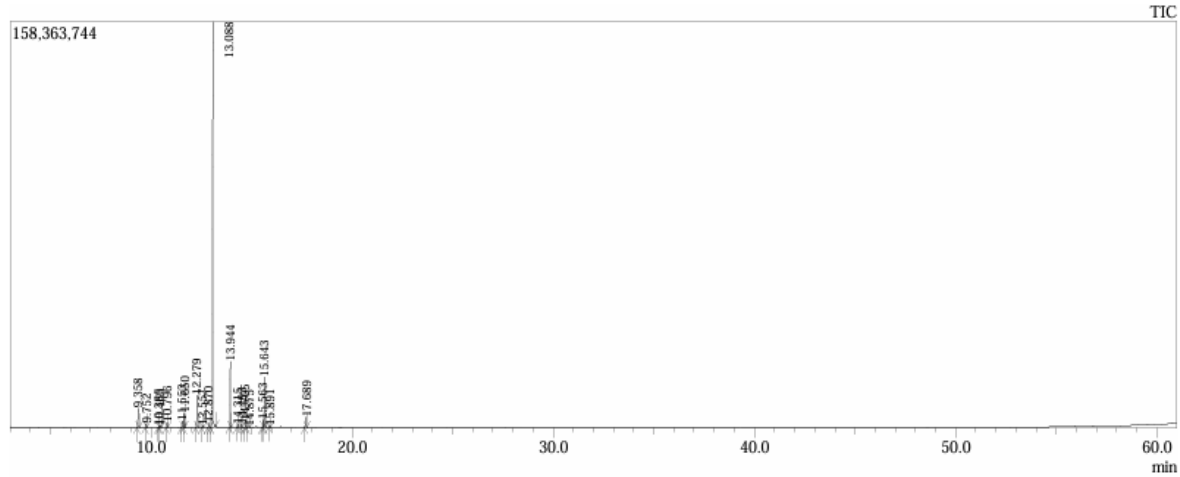


Рис. 4. Хроматограммы компонентного состава эфирного масла, выделенного из плодов кориандра посевного: а – «Образец 1»; б – «Образец 2». Составлено авторами

Fig. 4. Chromatograms of the component composition of essential oil extracted from the fruits of coriander seed: a – «Sample 1»; б – «Sample 2». Compiled by the authors

Идентификация компонентного состава эфирного масла из плодов кориандра осуществлялась по времени удерживания и площади пиков, что позволило установить процентное содержание индивидуальных соединений в составе эфирного масла.

Методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием исследуемых образцов эфирного масла из плодов кориандра было обнаружено 17 летучих органических соединений, общее содержание которых составляло 99,19 % (эфирное масло из плодов кориандра «Образец 1») и 99,07 % (эфирное масло из плодов кориандра «Образец 2») от общей суммы всех компонентов эфирного масла (таблица).

Качественный состав эфирного масла из плодов кориандра посевного
The qualitative composition of the essential oil from the fruits of coriander seed

№	Название компонента	Время выхода, с		Площадь, у.е.		Площадь, %	
		а*	б**	а*	б**	а*	б**
1	α-Пинен	9,36	9,36	13669662	16186978	1,84	2,39
2	Камфен	9,75	9,75	1657883	3228660	0,22	0,48
3	Сабинен	10,39	10,39	1051735	1343659	0,14	0,20
4	β-Пинен	10,46	10,46	1428323	1391068	0,19	0,21
5	β-Мирцен	10,80	10,80	3534609	3889752	0,48	0,57
6	p-Цимен	11,55	11,55	7694417	5158661	1,04	0,76
7	d-Лимонен	11,65	11,65	8433038	11015497	1,14	1,63
8	γ-Терпинен	12,28	12,28	27566573	25301575	3,71	3,74
9	**Линалоол**	**13,00**	**13,09**	**556703992**	**492190100**	**75,02**	**72,70**
10	Камфора	13,95	13,94	39568324	51156483	5,33	7,56
11	Борнеол	14,32	14,31	893378	1818772	0,12	0,27
12	Терпинен-4-ол	14,50	14,49	3757493	2394248	0,51	0,35
13	α-Терпинеол	14,71	14,71	5764749	4812765	0,78	0,71
14	Цитронелол	15,23	15,56	1598927	5752055	0,22	0,85
15	d-Карвон	15,56	15,64	4437565	35621158	0,6	5,26
16	Гераниол	15,65	15,89	48083248	1039091	6,48	0,15
17	Геранилацетат	17,69	17,69	10151674	8420463	1,37	1,24

* – эфирное масло из плодов кориандра посевного «Образец 1»;
** – эфирное масло из плодов кориандра посевного «Образец 2».

Состав эфирного масла плодов кориандра посевного в основном представлен монотерпенами и терпеновыми спиртами. Монотерпены содержатся в большом количестве, придают характерный аромат, а также имеют терапевтические свойства, такие как антиоксидантные, противосудорожные, противоязвенные, противовоспалительные, антисептические, противоопухолевые и обезболивающие [11–13].

Технологическая ценность плодов кориандра посевного определяется выходом и компонентным составом эфирного масла, в частности, зависит от содержания в нем доли линалоола [14]. Количество линалоола двух исследуемых образцов в целом незначительно расходилось в процентном соотношении данного компонента. Его содержание в эфирном масле из плодов кориандра посевного «Образец 1» и в эфирном масла из плодов кориандра посевного «Образец 2» составило 75,02 и 72,70 % соответственно.

Известно, что биосинтез терпеноидных соединений осуществляется с участием полифункциональных ферментных комплексов. Активность и специфичность этих ферментов генетически предопределены и формируют видовой и внутриводной хемотип растения. Однако экспрессия генов и, как следствие, эффективность биосинтетических путей находятся под значительным влиянием экзогенных условий. К числу ключевых факторов, моделирующих накопление и конечный состав компонентов эфирного масла, относятся: климатические условия, территориальное расположение, фенологическая фаза вегетации, почвенный состав и комплекс агротехнических мероприятий [15–17]. Так, по мере созревания плодов кориандра содержание линалоола увеличивается с 10,96 до 87,54 % [18]. Обработка растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 50 мг/л в фазе бутонизации дает прибавку сбора эфирного масла кориандра на 11,1 кг/га [19], плотность посадки семян и время посева критически важны для получения высоких урожаев и плодов кориандра с отличными характеристиками [20].

Таким образом, установленные различия в продолжительности процесса дистилляции в эфирном масле из плодов кориандра посевного «Образец 1» (150 мин.) и в эфирном масла из плодов кориандра посевного «Образец 2» (90 мин.) коррелируют с данными хроматографического анализа их компонентного состава, что свидетельствует о существенном влиянии агротехнических условий на качественный и количественный состав эфирного масла. Полученные результаты подтверждают зависимость технологических параметров эфирного масла от факторов культивирования исходного сырья, что является важным аспектом для стандартизации производства.

Заключение

При сравнительной оценке результатов гидродистилляции между исследуемыми образцами эфирного масла из кориандра посевного наблюдалось следующее:

1. Эфирное масло плодов кориандра посевного характеризовалось высоким содержанием линалоола (в эфирном масле из плодов кориандра посевного «Образец 1» и в эфирном масла из плодов кориандра посевного «Образец 2» содержание составило 75,02 и 72,70 % соответственно), что обуславливает его биологическую активность. Остальные компоненты, присутствуя в малых количествах, формируют комплекс аромата и потенциала применения эфирного масла, различие по составу в эфирном масле основных компонентов и времени выхода 1 мл эфирного масла за определенный временной интервал.

2. Плоды кориандра посевного, выращенные на базе кафедры овощеводства РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, продемонстрировали более быстрое время извлечения 1 мл масла (в 1,667 раза быстрее) при одинаковой постановке эксперимента соответственно, несмотря на схожий химический состав и идентичный режим при гидродистилляции. Различие во времени извлечения может сказываться за счет влияния сортовых особенностей, агротехнических и других биотических и абиотических факторов, которые следует учитывать в промышленном производстве.

Список источников

1. Zehra A., Choudhary S., Naeem M. et al. A review of medicinal and aromatic plants and their secondary metabolites status under abiotic stress // J Med Plants Stud. 2019. Vol. 7(3). P. 99–106.

2. Сачивко Т. В., Феськова Е. В, Коваленко Н. А. и др. Пряно-ароматические и эфиромасличные культуры: урожайность и жирнокислотный состав семян // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52, № 4. С. 675–684. DOI 10.21603/2074-9414-2022-4-2397.

3. Осмоловский П. Д., Воробьева Н. Н., Пискунова Н. А. и др. Разработка метода органолептической оценки плодоовощных продуктов, консервированных сахаром // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 9-3. С. 422–425.

4. Cruz G. A., Ferreira E. N., Cunha F. E. T. Nanoemulsion of kefiran and coriander (Coriandrum sativum L.) essential oil: chemical and technological aspects // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2025. Vol. 36(4). P. e-20240187. DOI: 10.21577/0103-5053.20240187.

5. Tonshin A. A., Golubeva M. I., Sheina N. I. Comparative toxicological characteristics of lavender and coriander oils for predicting their safety in the working area air // Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2025. Vol. 65(5). P. 341–350. DOI: 10.31089/1026-9428-2025-65-5-341-350.

6. Nurzynska-Wierdak R. Essential oil composition of the coriander (Coriandrum sativum L.) herb depending on the development stage // Acta Agrobotanica. 2013. Vol. 66(1). P. 53–60. DOI:10.5586/aa.2013.006.

7. Бочкарев Н. И., Зеленцов С. В., Мошненко Е. В. Морфология, таксономия, методы селекции и характеристика сортов кориандра посевного (обзор) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2014. № 2(159–160). С. 178–195.

8. Паштецкий В.С., Мишнев А.В., Вердыш М.В. и др. Культура кориандра в Крыму: вопросы и ответы : метод. рекомендации. Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2024. 52 с.

9. Тонковцева В. В., Ярош А. М., Воробьева Е. В. и др. Коррекция функционального состояния пожилых людей с использованием эфирного масла кориандра // Таврический журнал психиатрии. 2017. Т. 21, № 4(81). С. 22–29.

10. Orav A., Elmar A., Raal A. Essential oil composition of Coriandrum sativum L. fruits from different countries // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2013. Vol. 14(1). P. 118–123. DOI: 10.1080/0972060X.2011.10643910.

11. Чочиева А. Р., Болиева Л. З., Решетникова В. В. К механизму онкопрофилактического действия соединения группы монотерпенов лимонена // Российский биотерапевтический журнал. 2012. Т. 11, № 2. С. 61а.

12. Fometu S. S., Shittu S. Richard A. H. et al. Essential oils and their applications - A mini review // Advances in Nutrition and FoodScience. 2019. Vol. 4(4). P. 1–13.

13. Солонникова Н. В., Ксандопуло С. Ю., Солонников Д. А. Технологические особенности кориандра и накопление эфирного масла при СВЧ-нагреве // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2015. № 4. С. 370–381.

14. Malankina E., Potschuev P., Malankin G. usw. Aminosäuren für Arzneipflanzen aus Familie Doldenblütler (Apiaceae) // Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen. 2022. Nr. 26(1). S. 4–9.

15. Степанова Н. Ю. Агробиологическая оценка сортов кориандра в условиях Ленинграской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 4(65). С. 20–27. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-4-20-27.

16. Зыкова И. Д., Путинцева А. А., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла плодов Coriandrum sativum, произрастающего в Сибирском регионе // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2014. Т. 130, № 7. С. 117–119.

17. Скиба А. В., Кравченко Г. Д. Этапы и результативность селекционной работы по созданию скороспелого сорта кориандра, пригодного для возделывания при озимом сроке сева // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 160–165. DOI 10.25637/TVAN.2018.04.15.

18. Msaada K., Hosni K., Ben Taarit M. Changes on essential oil composition of coriander (Coriandrum sativum L.) fruits during three stages of maturity // Food Chemistry. 2007. Vol. 102(4). P. 1131–1134. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.06.046.

19. Почуев П. В., Романова Н. Г., Маланкина Е. Л. Эффективность комбинированной внекорневой обработки кориандра посевного глицином и ауксинподобными препаратами на урожайность плодов и сбор эфирного масла // Овощи России. 2022. № 5. С. 76–81. DOI 10.18619/2072-9146-2022-5-76-81.

20. Шаова Ж. А., Косарев В. Н., Галичева М. С. Особенности роста, развития и формирования урожайности сортов кориандра // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27, № 2. С. 139–149. DOI 10.35330/1991-6639-2025-27-2-139-149.

Сведения об авторах

К. О. Дмитриев – аспирант 3–го года обучения кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств», SPIN-код: 2515-2965, AuthorID: 1295579.

С. А. Бредихин – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств», SPIN-код: 1267-3480, AuthorID: 176859.

А. Х.-Х. Нугманов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции», SPIN-код: 5934-7548, AuthorID: 561824.

П. Д. Осмоловский – канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции», SPIN-код: 5809-7289, AuthorID: 932977.

Information about the authors

K. O. Dmitriev – 3-rd year Postgraduate student of the Department of Processes and apparatuses of processing industries, SPIN-code: 2515-2965, AuthorID: 1295579.

S. A. Bredikhin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Processes and apparatuses of processing industries, SPIN-code: 1267-3480, AuthorID: 176859.

A. H.-H. Nugmanov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, SPIN-code: 5934-7548, AuthorID: 561824.

P. D. Osmolovskiy – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, SPIN-code: 5809-7289, AuthorID: 932977.

Статья поступила в редакцию 23.10.2025; одобрена после рецензирования 10.11.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 23.10.2025; approved after reviewing 10.11.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 25–37.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 634.1.076:664.87:796 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-04 EDN: AUCJRX

Специализированный напиток для спортсменов с применением биологически активных веществ ферментированных фруктов

Вадим Александрович Карлов[1], Ольга Яковлевна Мезенова[2]
[1, 2] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[1] vaden1410@gmail.com; ORCID 0009-0006-1547-5772
[2] mezenova@klgtu.ru; ORCID 0000-0002-4716-2571

Аннотация. Активная пропаганда здорового образа жизни и медийная поддержка способствовали росту интереса к физкультуре и спорту, что увеличило спрос на специализированные продукты спортивного питания. Однако на сегодняшний день крупная доля рынка представлена импортными продуктами и добавками низкого качества, которые не отвечают физиологическим потребностям организма спортсмена. Целью настоящего исследования являлась разработка специализированного напитка для спортсменов силовых видов спорта на основе биологически активных веществ ферментированных фруктов, нестандартных по качеству из-за незначительных внешних дефектов. Данный комплекс БАВ получали из фруктовой смеси (яблоки, бананы, апельсины) путем обработки специфическими ферментами с последующей сублимационной сушкой образующейся жидкой фракции. Получены математические модели рецептуры напитка, на основе которых оптимизировано содержание основных компонентов и обоснован состав его сухой формы (концентрат биологически активных веществ ферментированных фруктов, концентрат сывороточных белков, диоксид кремния, ксантановая камедь, подсолнечный лецитин). Предложен технологический процесс изготовления напитка для спортсменов силовых видов спорта, названный «BioCarb», обеспечивающий стабилизацию качества в сухом виде и формирование равномерной консистенции в разведенной форме. Установлены особенности органолептических свойств напитка, обусловливающие его потребительскую привлекательность. Исследован химический состав продукта в сухой форме, в соответствии с которым он отнесен к категории гейнеров (белково-углеводный продукт). Оценена биологическая ценность напитка, по показателям которой он является функциональным по содержанию витаминов и минеральных веществ, важных для спортсменов силовых видов спорта. Обоснованы рекомендации по употреблению напитка для разных периодов спортивной деятельности (подготовительный, предсоревновательный, соревновательный). Показана экономическая эффективность производства разработанного напитка.

Ключевые слова: спортивное питание, гейнеры, ферментированные фрукты, силовые виды спорта, специализированный пищевой продукт

Для цитирования: Карлов В. А., Мезенова О. Я. Специализированный напиток для спортсменов с применением биологически активных веществ ферментированных фруктов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 25–37.

© Карлов В. А., Мезенова О. Я., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 25–37.

FOOD SYSTEMS

Original article

Specialized athletic drink based on bioactive compounds from fermented fruits

Vadim A. Karlov[1], Olga Ya. Mezenova[2]
[1, 2] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
[1] vaden1410@gmail.com; ORCID 0009-0006-1547-5772
[2] mezenova@klgtu.ru; ORCID 0000-0002-4716-2571

Abstract. Active promotion of a healthy lifestyle and media support have contributed to a growing interest in physical education and sports, which has increased the demand for specialized sports nutrition products. However, as of today, a significant market share is occupied by low-quality imported products and supplements that do not meet the physiological requirements of an athlete's body. The aim of the present study was to develop a specialized beverage for athletes in strength sports based on biologically active substances derived from fermented fruits that are non-standard in quality due to minor external defects. This complex of bioactive substances (BAS) was obtained from a fruit mixture (apples, bananas, oranges) by treatment with specific enzymes followed by lyophilization of the resulting liquid fraction. Mathematical models of the beverage formulation were developed, based on which the content of the main components was optimized and the composition of its dry form was substantiated (fermented fruit complex, whey protein concentrate, silicon dioxide, xanthan gum, sunflower lecithin). A technological process for manufacturing the beverage for strength athletes, named "BioCarb", has been proposed; it ensures quality stabilization in the dry form and the formation of a uniform consistency in the reconstituted form. The specific organoleptic properties of the beverage that determine its consumer appeal have been identified. The chemical composition of the product in its dry form was investigated, and based on the results, it was classified as a gainer (a protein-carbohydrate product). The biological value of the beverage was assessed, and based on its indicators, it is considered functional due to its content of vitamins and minerals essential for strength athletes. Recommendations for the consumption of the beverage during different periods of athletic activity (preparatory, pre-competition, competition) have been substantiated. The economic efficiency of producing the developed beverage has been demonstrated.

Keywords: sports nutrition, gainers, fermented fruits, power sports, specialized food product

For citation: Karlov V. A., Mezenova O. Ya. Specialized athletic drink based on bioactive compounds from fermented fruits // *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 25–37. (In Russ.).

Введение

Привлекательность спорта и физкультуры сегодня вовлекают в активный образ жизни все большее количество людей во всех регионах России. Этому способствует развитие спортивной инфраструктуры, ввод в эксплуатацию новых спортивных залов, плавательных бассейнов, стадионов, тренажерных площадок и т.д. [1].

Помимо направлений оздоровительной физкультуры и любительского спорта идет активное развитие профессионального спорта, в особенности силовых направлений (тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, кроссфит, бодибилдинг и др.), которые занимают особое место в спортивной жизни страны [2, 3]. На фоне активного спортивного и медийного роста наших спортсменов в пауэрлифтинге и бодибилдинге за последние 5–10 лет можно наблюдать рост популярности данных дисциплин и привлечение все большего числа новых спортсменов.

Перечисленные силовые дисциплины непосредственно связаны с интенсивными нагрузками и требуют высокой степени адаптации организма. В процессе подготовки и последующих соревнований спортсмен часто выходит на пределы своих возможностей, испытывает экстремальное состояние, требующее высоких энергетических затрат, вовлечение физиологических систем (нервно-мышечной, сердечно-сосудистой, эндокринной и других) в крайнее состояние [4]. В ходе адаптации к подобным нагрузкам в организме происходят также и сложные биохимические преобразования, направленные на оптимизацию обменных процессов, энергетического обмена и укрепление общей устойчивости организма к стрессовым воздействиям, что способствует поддержанию высокого уровня работоспособности в условиях интенсивных тренировок и соревнований.

Интенсивные силовые нагрузки особенно сильно влияют на костно-мышечный аппарат, провоцируя структурно-функциональные адаптации. Механическое напряжение во время упражнений приводит к микроразрывам саркомеров и повреждению цитоскелета мышечных волокон, активируя процессы воспаления [5]. Одновременно с этим усиливается секреция кортизола и катехоламинов, что мобилизует энергетические ресурсы за счет запасов гликогена (гликогенолиза) и жира (липолиза). Для компенсации этих изменений возрастает потребность в макро- (белки, углеводы) и микронутриентах (Mg, Zn, витамины D и группы B). Углеводы восполняют запасы гликогена в мышцах и печени, что особенно важно для поддержания энергетического баланса при высокоинтенсивных нагрузках. Белковые субстраты необходимы для активации mTOR-пути и синтеза миофибрилл, а антиоксиданты (например, витамины C и E) снижают окислительный стресс, вызванный накоплением свободных радикалов (ROS) в митохондриях при повышенном метаболизме. Дефицит нутриентов нарушает репарацию тканей, увеличивает риск перетренированности и замедляет восстановление гомеостаза [6, 7].

По мере подготовки спортсменов, особенно в предсоревновательные периоды, где целевая нагрузка приобретает вид высокоинтенсивных и малообъемных тренировок, сдвиги в метаболизме становятся более заметными. В такие периоды спортсмен выходит на свою пиковую форму, что сопровождается существенным наращиванием калорийности пищи, потреблением повышенных количеств основных нутриентов, обеспечивающих организм энергией [8].

Для поддержания энергетического и пластического балансов необходима корректировка рациона атлета путем оптимизации соотношения микро- и макронутриентов, обеспечения поступления достаточного количества основных витаминов и парафармацевтиков – важных биологически активных веществ. Организация полноценного питания спортсменов может быть затруднена по причине сложности регулярного приема пищи в необходимом объеме из-за технических или психологических причин [9]. Рациональным выходом в данной ситуации является применение специализированного спортивного питания («спортпита»), ориентированного на конкретные виды спорта.

Современный сегмент спортивного питания – это динамически развивающаяся область на стыке пищевой, медицинской и фармакологической отраслей, цель которой заключается в создании эффективных и безопасных продуктов, предназначенных для повышения спортивных результатов и восстановления организма. На сегодняшний день «спортпит» включает в себя различные виды продуктов и добавок: источники белка и небелковых азотосоединений (протеины, пептиды, аминокислоты и т.д.), витаминные и минеральные композиции, выпускаемые в виде отдельных углеводных матриц и гейнеров, «жиросжигатели», стимуляторы и др. [10, 11].

Среди вышеперечисленных продуктов особое значение в силовых видах спорта имеют гейнеры – белково-углеводные смеси, обладающие различными формами и сложной поликомпонентной структурой. Они эффективно обеспечивают спортсмена энергией и пластическим материалом, компенсируя затраты во время тренировочного процесса, что способствует поддержанию анаболических процессов после нагрузок [12]. Несмотря на высокую конкурентоспособность, на рынке спортивного питания реально существует дефицит гейнеров высокого качества, обладающих эффективностью и функциональностью. Так, в составе предлагаемых

гейнеров часто присутствует недостаточно сбалансированный по аминокислотам белок, значительно повышено содержание простых сахаров (мальтодекстрина и глюкозы), недостаточно или отсутствуют витамины и ценные минеральные вещества (кальций, фосфор, магний), практически нет биологически активных веществ растительного происхождения (флавоноидов, антоцианов, органических кислот), проявляющих антиоксидантные, антисептические и иммуномодулирующие свойства. Все это приводит к снижению биологической ценности гейнеров, что в конечном итоге негативно сказывается на процессе восстановления атлетов.

Рациональным подходом к разработке гейнеров нового поколения представляется использование биопотенциала натуральных фруктов как источника витаминов, минеральных и других природных биологически активных веществ. Целесообразно для их изготовления применять ферментированные композиции фруктов пониженного качества, имеющие лишь внешние дефекты (нестандартную форму, срывы кожицы, трещины и др.). При ферментации данного сырья сохраняются все его природные вещества, а последующая сублимационная сушка позволяет надежно сохранить их химически активную форму [13]. Такие концентраты биологически активных веществ (БАВ) обладают высокой биодоступностью, являются востребованными в специализированном спортивном питании.

Целью настоящего исследования являлась разработка специализированного напитка для спортсменов силовых видов спорта на основе биологически активных веществ ферментированных фруктов, нестандартных по качеству из-за незначительных внешних дефектов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: разработать рецептуру напитка для спортсменов в сухой форме; обосновать основные технологические операции; оценить состав, содержание БАВ и функциональность напитка; разработать рекомендации по его употреблению.

Материалы и методы

Эксперименты проводили в лабораториях кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

Физико-химические показатели качества разрабатываемого специализированного напитка оценивали по методикам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Методы определения физико-химических показателей качества напитка

Table 1

Methods for determining physico-chemical quality indicators of the beverage

Показатель	Метод и принцип определения	Нормативный документ, источник
Массовая доля влаги	Гравиметрический	ГОСТ 34454-2018
Массовая доля белка	Метод Кьельдаля	ГОСТ 15113.4-2021
Аминокислотный состав белка	Расчетно-аналитический	[14]
Биологическая ценность белка		
Массовая доля жира	Экстракционный метод Сокслета	ГОСТ 7636-85
Массовая доля углеводов	Расчетно-аналитический	–
Индекс растворимости порошка	Измерение объема нерастворившегося осадка	ГОСТ 30305.4-95
Содержание витамина С	Йодометрическое титрование	[15]

Содержание дубильных веществ	Пермарганатометрический метод	[16]
Органолептические показатели	Количественная оценка по 15-балльной шкале	ГОСТ 8756.1-2017
Показатели энергетической и биологической ценности	Расчетно-аналитический	[14]

Основными ингредиентами проектируемого напитка категории гейнеров являлись:

- концентрат биологически активных веществ (БАВ) ферментированных фруктов, полученный сублимированием водной фракции ферментолизата фруктовой смеси из яблок, бананов и апельсинов (соотношение 1 : 0,5 : 0,5), обладающих незначительными внешними дефектами, как источник усвояемых углеводов и витаминов [13, 17];
- концентрат сывороточных белков (КСБ–80, производитель ООО «ПРАЙМ-КРАФТ») как источник сбалансированного по аминокислотам низкомолекулярного белка и минеральных веществ [18, 19].

Оптимизацию дозировок данных добавок осуществляли на основе данных математического моделирования двухфакторного эксперимента при варьировании: X_1 – (КСБ – концентрата сывороточного белка) от 30 до 40 %; X_2 – (КФФ – концентрата фруктовых фитопарафармацевтиков) от 55 до 60 %.

Параметр оптимизации объединял по принципу «приближения к идеалу» три частных отклика, отражающих основные качественные признаки напитка: Y_1 – рекомендуемая суточная физиологическая потребность в белке для спортсменов силовых видов спорта («идеал» 25 % в одной порции); Y_2 – содержание витамина С («идеал» 50 мг/100 г); Y_3 – органолептическая оценка («идеал» 15 баллов).

Для получения напитка в форме однородной эмульсии и предотвращения комкования и агрегирования его в форме порошка дополнительными технологическими добавками являлись: кремния диоксид (Е551), ксантановая камедь (Е415) и подсолнечный лецитин (Е322).

Результаты и обсуждение

На первом этапе были получены зависимости обобщенного параметра оптимизации рецептуры сухой формы напитка от варьируемых дозировок основных функциональных добавок в кодированной модели (X_1 и X_2) и в натуральной модели (КСБ и КФФ), представленные в уравнениях (1) и (2):

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

$$Y = 16{,}4484 - 0{,}3519\text{КСБ} - 0{,}3143\text{КФФ} + 0{,}0012\text{КСБ} \cdot \text{КФФ} + 0{,}0037\text{КСБ}^2 + \\ + 0{,}0022\text{КФФ}^2 . \quad (2)$$

На основе полученных зависимостей были найдены оптимальные значения искомых дозировок: КСБ – 36,5 %; КФФ – 61,7 %.

С учетом полученных данных была предложена рецептура специализированного напитка для спортсменов (гейнера) в сухой форме, названного «BioCarb», представленная в табл. 2.

Таблица 2

Рецептура напитка для спортсменов в сухой форме «BioCarb»

Table 2

Recipe for a drink for athletes in dry form "BioCarb"

Компонент смеси	Содержание, %
Концентрат сывороточных белков (КСБ–80)	36,50
Концентрат фруктовых фитопарафармацевтиков	61,72
Диоксид кремния (Е551)	0,68[1]
Ксантановая камедь (Е415)	0,31[1]
Лецитин подсолнечный (Е322i)	0,79[1]
ИТОГО:	100,0

[1]– согласно нормам применения добавок, прописанным в ТР ТС 029/2012.

Технология производства специализированного напитка для спортсменов силовых видов спорта в сухом виде основана на тщательном смешивании компонентов рецептуры, которое рекомендуется выполнять в V-образном смесителе при небольшой скорости вращения мешалки 12–15 об/мин в течение 20 мин, что обеспечит равномерное распределение ингредиентов и предотвратит агрегацию частиц. Для последующего удаления агрегированных частиц и обеспечения однородности смеси ее просеивают через сита с диаметром отверстия 800–1000 мкм, например, с помощью аппарата типа «виброгрохот» с установленными соответствующими калибровочными ситами. После этого продукт подвергается обязательному металлодетектированию (чувствительность: Fe ≥ 0,3 мм, нерж. сталь ≥ 0,5 мм), чтобы исключить попадание частиц от абразивного износа оборудования (лопастей мешалки, «виброгрохота»). Дозирование порошкообразной смеси проводят в емкости с закрывающимися крышками, оснащенные мембранами из фольги для предотвращения загрязнения продукта. Рекомендуемый срок годности напитка «BioCarb» при температуре хранения около от +4 до +22 °С и влажности воздуха не более 75 % без попадания прямых солнечных лучей – до 1 года (в закрытом виде) и до 6 месяцев (после вскрытия мембраны).

Органолептическая оценка разработанного специализированного напитка для спортсменов в сухом и разведенном виде (в воде), свидетельствующая об его гастрономической привлекательности, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Органолептическая характеристика напитка «BioCarb» в сухой и разведенной форме

Table 3

Organoleptic characteristics of the drink "BioCarb" in dry and diluted form

Показатель	Характеристика
В сухой форме	
Внешний вид	Однородный порошок с незначительным количеством агломерированных частиц и мелких растительных компонентов
Цвет	Светло-кремовый, кремовый, светло-коричневый, светло-оранжевый, оранжевый

Запах	Приятный, фруктовый, сладковатый, с легким ароматом фруктов и сывороточных белков, без посторонних запахов
Вкус	Приятный, сладковатый, сбалансированный по вкусовым оттенкам фруктовых и сывороточных добавок, без посторонних привкусов
В разведенной форме (190 г порошка, разведенного в 400 мл воды)	
Внешний вид	Непрозрачный эмульсионно-суспендированный напиток с мелкими частицами, равномерно распределенными по всему объему; допускается небольшой слой пены после взбалтывания
Цвет	От белого до светло-бежевого; возможны другие оттенки при растворении продукта в соке, молоке, применении дополнительных добавок
Консистенция	Однородная, в меру густая суспендированная жидкость
Запах	Выраженный, приятный, сладковатый, с молочным и фруктовым оттенками, характерными для внесенной жидкости, без посторонних и неприятных запахов
Вкус	Приятный, сладковатый, сбалансированный по вкусовым оттенкам, с выраженными молочно-фруктовыми привкусами, без посторонних и неприятных привкусов

Полученные данные свидетельствуют о высоких органолептических свойствах продукта, которые характеризуются сбалансированным вкусом и ароматом, однородной консистенцией и натуральным цветом. Выявленные характеристики определяют потенциал продукта для широкого применения в питании спортсменов.

Показатели качества напитка в сухой форме, свидетельствующие о приоритетности в его содержании белково-углеводных компонентов, характерных для спортивного питания категории «гейнеров», представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели качества сухой формы напитка для спортсменов «BioCarb»

Table 4

Quality indicators of the dry form of the drink for athletes "BioCarb"

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение[1]
Массовая доля белка в сухом веществе	%	26,6–28,8
Массовая доля жира	%	2,4–2,6
Массовая доля общих углеводов	%	54,2–54,6
Массовая доля влаги	%	6,6–7,0
Содержание витамина С	мг/100 г	40,9–47,1
Содержание веществ с Р-витаминной активностью	мг/100 г	70,2–79,8
Индекс растворимости	$см^3$ сырого осадка	0,22–0,38

[1] – значение показателя зависит от состава и вида фруктов ферментируемой фруктовой смеси.

Данные, представленные в табл. 4, свидетельствуют о высоком содержании белка (26,6–28,8 %) и углеводов (54,2–54,6 %) в разработанном продукте при низком уровне жира

(2,4–2,6 %). Такой нутриентный профиль позволяет классифицировать напиток как гейнер (согласно ГОСТ 34621-2019) – специализированный белково-углеводный комплекс, предназначенный для восполнения энергозатрат и стимуляции восстановительных процессов после интенсивных физических нагрузок. С учетом качественного состава напитка можно ожидать эффективного усвоения его компонентов организмом и обеспечение быстрого восстановления пластических и энергетических затрат спортсмена [20, 21].

Следует отметить высокое содержание витамина С (44 мг/100 г) и веществ, обладающих Р-витаминной активностью (75 мг/100 г). Аскорбиновая кислота участвует в синтезе коллагена и нейтрализации активных форм кислорода, а флавоноиды улучшают микроциркуляцию за счет укрепления капилляров [22]. Эти биологически активные вещества обладают иммуномодулирующим и антиоксидантным эффектами, способствуют процессам восстановления организма спортсмена, в том числе снижению окислительного стресса после нагрузок и ускорению репарации мышечной ткани.

Оценка калорийности и биологической ценности напитка представлена в табл. 5.

Таблица 5

Показатели биологической эффективности напитка «BioCarb» в сухом виде

Table 5

Biological efficiency indicators of the drink "BioCarb" in dry form

Показатель	Содержание в 1 порции продукта (190 г)[1]	Степень удовлетворения физиологической суточной потребности[2], %
Калорийность, ккал	690,8	21,9
Белки, г	52,6	47,1
Жиры, г	4,7	6,7
Углеводы, г	103,4	24,6
Вода, г	6,7	–
Витамины		
Тиамин (B_1), мг	0,38	25,3
Рибофлавин (B_2), мг	0,32	17,7
Аскорбиновая кислота (С), мг	89,05[4]	98,9
Ниацин (РР), мг	3,89	19,5
Витамин Р, мг	140,52[4]	70,3
Минеральные вещества		
Натрий, мг	270,25	20,8
Калий, мг	3010	120,4[3]
Кальций, мг	209,41	20,9
Магний, мг	208,31	52,1
Фосфор, мг	207,82	25,9
Железо, мг	14,64	146,4[3]

[1] – приведены усредненные показатели;

[2] – согласно нормам МР «Рекомендации по включению в базовый рацион питания высококвалифицированных спортсменов специализированных пищевых продуктов для оптимизации метаболических процессов при сверхвысоких нагрузках» для спортсмена средним весом 70 кг;

[3] – верхний допустимый уровень не установлен;

[4] – содержание установлено экспериментальным методом.

Из данных табл. 5 следует, что при употреблении суточной дозы напитка (190 г) организм спортсмена обеспечивается адекватным количеством БАВ, которые оказывают положительное воздействие на метаболизм, поддерживают энергетический и пластический балансы, обеспечивают функционирование основных физиологических систем и ускорение восстановительных процессов [23]. Эти БАВ, включая белки (степень удовлетворения 47,1 %) и углеводы (24,6 %), способствуют синтезу гликогена в мышцах и стимуляции анаболических путей, таких как активация mTOR-сигнального каскада, что критично для регенерации мышечных волокон. Витамины группы B, C, PP и P (степень удовлетворения 17,7–98,9 %) поддерживают окислительно-восстановительные реакции и синтез коферментов, улучшая энергетический обмен, тогда как минеральные элементы Na, K, Ca, Mg, P, Fe (степень удовлетворения 20,8–146,4 %) регулируют нервно-мышечную проводимость и поддерживают гомеостаз, предотвращая дефицитные состояния [24, 25].

Однократное употребление порции напитка поставляет организму 690,8 ккал, что эквивалентно 22 % суточной энергетической потребности спортсмена, обеспечивает глюкозный резерв и предотвращает катаболизм белков в условиях интенсивных тренировок и соревновательного стресса. Данные процессы способствуют сохранению мышечной массы и оптимизации физиологических адаптаций спортсмена [26].

Показатели биологической ценности белковой фракции разработанного напитка в сухом виде представлены в табл. 6.

Таблица 6

Оценка биологической ценности белковой фракции напитка «BioCarb» в сухом виде

Table 6

Assessment of the biological value of the protein fraction of the drink «BioCarb» in dry form

Наименование незаменимой аминокислоты (НАК)	Показатель биологической ценности				
	Содержание[1], мг /190 г продукта	СКОР, %	КРАС, %	БЦ, %	U, %
Изолейцин	2853	71,3	12,0	88,0	76,8
Лейцин	3010	43,0			
Лизин	2424	40,0			
Метионин + цистин	1552	42,9			
Фенилаланин + тирозин	3009	50,0			
Треонин	2060	52,5			
Триптофан	835	72,7			
Валин	2240	44,0			
Сумма НАК	17983	–	–	–	–

[1]– согласно данным производителя.

Исходя из данных табл. 6, можно сделать вывод о высокой аминокислотной сбалансированности белковой фракции: показатель биологической ценности (БЦ) – 88 %; коэффициент различий аминокислотных скоров (КРАС) минимальный (12 %), содержание незаменимых аминокислот (НАК) составляет 17983 мг на порцию (190 г), коэффициент утилитарности (U) – 76,8 %. Следует отметить высокое содержание лейцина и изолейцина в одной порции напитка (3010 мг и 2853 мг соответственно), что является важным при активации mTOR-пути, напрямую

стимулирующего мышечный рост («порог» активации 2000–3000 мг НАК за прием). Содержание валина (2240 мг) и треонина (2060 мг) находится на уровне, достаточном для поддержания пластического и энергетического обмена в условиях высокоинтенсивных тренировок. Полученные данные позволяют позиционировать разработанный напиток как эффективный продукт специализированного питания спортсменов силовых видов спорта [27, 28].

На основе полученных данных были разработаны рекомендации по применению белково-углеводного напитка «BioCarb», представленные в табл. 7.

Таблица 7

Рекомендации потребления специализированного напитка «BioCarb» для спортсменов силовых видов спорта

Table 7

Recommendations for the consumption of the specialized drink "BioCarb" for athletes of strength sports

Период тренировочного цикла	Подготовительный и переходный	Предсоревновательный и соревновательный
Рекомендуемая дозировка и способ применения	По 1 порции[1]: сразу после физической нагрузки	По 2–3 порции[2]: • за 30–60 мин до нагрузки; • во время длительных тренировок; • сразу после нагрузки
Основные физиологические эффекты	Оперативное восполнение гликогена, ускорение регенерации тканей, снижение усталости, адаптация к нагрузкам без перегрузки пищеварительной системы	Поддержание энергетического и пластического балансов, компенсация ресурсных резервов, интенсификация восстановления мышечных ресурсов, повышение выносливости в условиях повышенного стресса

[1] – 190 г порошка, разведенного в 300–400 мл жидкости: воде, молоке, соке;

[2] – кратковременное увеличение дозировки до 2–3 порций в соревновательный период обусловлено значительным ростом тренировочных нагрузок и энергозатрат, что требует повышенного поступления нутриентов для поддержания работоспособности и ускоренного восстановления.

Оценка экономической эффективности производства разработанного напитка демонстрирует его рентабельность и высокую конкурентоспособность на рынке спортивного питания. Расчетная себестоимость производства напитка составляет 989,6 руб./кг, что существенно ниже ценового сегмента наиболее востребованных аналогов (от 1495,8 руб./кг). Ценовое преимущество в сочетании с высокой биологической ценностью продукта формирует предпосылки для успешной коммерциализации разработки. Соотношение «цена–качество» соответствует стратегии импортозамещения и удовлетворения растущего потребительского спроса на специализированные продукты спортивного питания.

Заключение

Разработана рецептурная композиция и технология специализированного белково-углеводного напитка категории «гейнер» для спортсменов силовых видов спорта в сухой форме, основными ингредиентами которого являются сублимированный концентрат фруктовых фи-

топарафармацевтиков, получаемый ферметолизом фруктовой смеси с незначительными внешними дефектами, и концентрат сывороточных белков. На основе математического моделирования проведена оптимизация содержания данных компонентов, обоснованные дозировки которых способствуют поступлению в организм спорстмена полноценных белков и витаминов при обеспечении гастрономической привлекательности продукта.

Установлена высокая биологическая ценность продукта по содержанию функциональных ингредиентов, важных для спортсменов силовых видов спорта: белков (показатель аминокислотной сбалансированности БЦ – 88,0 %; при коэффициенте утилитарности U – 76,8 %) и углеводов (степень удовлетворения физиологической потребности при употреблении одной порции 190 г составляет 47,1 и 24,6 % соответственно), а также витаминов (степень удовлетворения 17,7–70,3 %); минеральных веществ (степень удовлетворения 20,8–146,4 %).

Предложены рекомендации по потреблению напитка «BioCarb» спортсменами в тренировочный период (межсезонье) и непосредственно в период пиковой нагрузки (перед соревнованиями и на выступлениях). Приведены показатели экономической эффективности производства разработанного продукта.

Список источников

1. 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

2. Мирющенко Ю. М. Перспективные пути и направления развития современного российского профессионального спорта // Гуманитарий Юга России. 2019. Т. 8, № 1. С. 182–193. DOI 10.23683/2227-8656.2019.1.14.

3. Чалоян А. Ш., Налимова М. Н. История развития пауэрлифтинга как вида спорта в России и мире // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 5–3. С. 210–212. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-5-3-210-212.

4. Питкин В. А., Шабельный А. П. Особенности питания тяжелоатлетов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2. С. 122–127. DOI: 10.20914/2310-1202-2022-2-122-127.

5. Schoenfeld B. J. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training // Journal of Strength and Conditioning Research. 2010. Vol. 24. Iss. 10. P. 2857–2872. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3.

6. Arazi, H., Khoshnoud, A., Asadi, A. [et al.]. The effect of resistance training set configuration on strength and muscular performance adaptations in male powerlifters // Scientific Reports. 2021. 11(1). P. 7844. DOI: 10.1038/s41598-021-87372-y.

7. Пронин Е. А., Фадеев А. С., Ворожейкин А. В. [и др.]. Изучение факторов, влияющих на эффективность тренировок в силовых видах спорта // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2023. № 6-220. С. 314–318. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2023.06.p314-318.

8. Peeling P., Sim M., McKay A. Considerations for the Consumption of Vitamin and Mineral Supplements in Athlete Populations // Sports medicine. 2023. Vol. 53. P. 15–24. DOI: 10.1007/s40279-023-01875-4.

9. 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.

10. Мартынюк Я. П. Спортивное питание как объект маркетинговой деятельности // Прикладные экономические исследования. 2024. № 2. С. 203–210. DOI: 10.47576/2949-1908.2024.43.20.028.

11. Cui P., Li M., Yu M. et al. Advances in sports food: Sports nutrition, food manufacture, opportunities and challenges // Food Res Int. 2022. Vol. 157. P. 111258. DOI: 10.1016/j.food-res.2022.111258.

12. Kloby N. L. L., Tandrup L. M. N., Jeppesen P. B. The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials // Nutrients. 2020. Vol. 12. Iss. 5. P. 1483. DOI: 10.3390/nu12051483.

13. Карлов В. А., Гольбрайх А. А., Мезенова О. Я. 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. DOI: 10.21443/1560-9278-2024-27-3-302-315.

14. Мезенова О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов. Санкт-Петербург : Проспект науки, 2015. 224 с.

15. Ключко Н. Ю. Методы научных исследований. Калининград : Изд-во КГТУ, 2017. 85 с.

16. Степанцова Г. Е. Химия биологически активных веществ. Калининград : Изд-во КГТУ, 2023. 76 с

17. Naderi A., Rezaei S., Moussa A. et al. Earnest, Fruit for sport // Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 74. P. 85–98. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.02.013.

18. Петрова М. В. Протеиновые смеси как источник белка в период восстановления после спортивных тренировок // Материалы XXVIII научной конференции преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ : материалы конференции, Новгород, 05–10 апреля 2021 г. Новгород : НовГУ, 2021. С. 158–162.

19. König D., Kohl J., Jerger S. [et al.] Potential Relevance of Bioactive Peptides in Sports Nutrition // Nutrients. 2021. Vol. 13. Iss. 11. P. 3997. DOI: 10.3390/nu13113997.

20. Morton R. W., Murphy K. T., McKellar S. R. [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. Vol. 52. P. 376–384. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097608corr1.

21. Combet E., Gray S. R. Nutrient-nutrient interactions: competition, bioavailability, mechanism and function in health and diseases // Proceedings of the Nutrition Society. 2019. Vol. 78. Iss. 1. P. 1–3. DOI: 10.1017/S0029665118002732.

22. Jomova, K., Alomar, S. Y., Valko, R., Liska, J., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2025). Flavonoids and their role in oxidative stress, inflammation, and human diseases. Chemico-biological interactions, 413, 111489. DOI: 10.1016/j.cbi.2025.111489.

23. Ghazzawi H. A., Hussain M. A., Raziq K. M. [et al.]. Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Re-view of the Literature in Sports Medicine // Sports. 2023. Vol. 6. P. 109–151. DOI: 10.3390/sports11060109.

24. Tinline-Goodfellow C. T., Lees M. J., Hodson N. The skeletal muscle fiber periphery: A nexus of mTOR-related anabolism // Sports Med Health Sci. 2022. Vol. 5, Iss. 1. P. 10–19. DOI: 10.1016/j.smhs.2022.11.004.

25. Гольберг Н. Д., Рогозкин В. А. Гипертрофия скелетных мышц и питание спортсменов // Вестник спортивной науки. 2014. № 6. С. 31–35.

26. Исмагилова А. Особенности питания при занятиях физической культурой и спортом // Теория и практика современной науки. 2022. № 11. С. 68–71.

27. Pitkänen H. T., Nykänen T., Knuutinen, J [et al.]. Free Amino Acid Pool and Muscle Protein Balance after Resistance Exercise // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003. Vol. 35. Iss. 5. P. 784–792 DOI: 10.1186/1743-7075-7-51.

28. Hulmi J. J, Lockwood C. M, Stout J. R. Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein // Nutrition & Metabolism. 2010. Vol. 7. P. 11. DOI: 10.1186/1743-7075-7-51. 51.

Сведения об авторах

В. А. Карлов – студент-магистрант кафедры пищевой биотехнологии, SPIN-код: 3829-7900.
О. Я. Мезенова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии, SPIN-код: 7569-2010.

Information about the authors

V. A. Karlov – Master's degree student of the Department of Food Biotechnology, SPIN-code: 3829-7900.
O. Ya. Mezenova – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, SPIN-code: 7569-2010.

Статья поступила в редакцию 28.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.
The article was submitted 28.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 38–46.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 621.565.943 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-03 EDN: ASVFCM

Определение рациональных значений массовой доли морских полисахаридов в модельных пищевых системах из вторичного сырья лососевых

Никита Евгеньевич Котов[1], Денис Владимирович Полещук[2], Евгений Александрович Заяц[3], Светлана Николаевна Максимова[4]
[1-4] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346
[2] tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542
[3] www.ganya_nic.ru@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4935-0872
[4] maksimova.sn@dgtru.ru; ORCID: 0000-0001-9654-1044

Аннотация. Представлены экспериментальные исследования по определению рациональных значений массовой доли полиэлектролитного комплекса морских полисахаридов хитозана и альгината натрия в составе модельных пищевых систем. Основа пищевых систем – измельченные и термически обработанные печень и молоки лососевых. Использование комплекса полисахаридов позволяет придать заданные свойства (органолептические, реологические) готовому продукту. Сопоставлены результаты органолептической и инструментальной оценки модельных пищевых систем с помощью математической обработки данных. Получены рациональные значения массовой доли раствора полиэлектролитного комплекса хитозана и альгината натрия в составе готового продукта по типу «намазок» из вторичного сырья лососевых.

Ключевые слова: печень и молоки лососевых, модельные системы, комплекс хитозана и альгината натрия, органолептическая оценка, реологические показатели, математическая обработка

Для цитирования: Котов Н. Е., Полещук Д. В., Заяц Е. А., Максимова С. Н. Определение рациональных значений массовой доли морских полисахаридов в модельных пищевых системах из вторичного сырья лососевых // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 38–46.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 38–46.

FOOD SYSTEMS

Original article

Determination of rational values of the mass fraction of marine polysaccharides in model food systems from recycled salmon

Nikita E. Kotov[1], Denis V. Poleshchuk[2], Evgeny A. Zayats[3], Svetlana N. Maksimova[4]
[1-4] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346
[2] tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542
[3] www.ganya_nic.ru@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4935-0872
[4] maksimova.sn@dgtru.ru; ORCID: 0000-0001-9654-1044

© Котов Н. Е., Полещук Д. В., Заяц Е. А., Максимова С. Н., 2025

Abstract. The article presents experimental studies to determine the rational values of the mass fraction of the polyelectrolyte complex of marine polysaccharides chitosan and sodium alginate in the composition of model food systems. The basis of food systems is crushed and heat–treated salmon liver and milt. The use of a complex of polysaccharides makes it possible to impart specified properties (organoleptic, rheological) to the finished product. The results of organoleptic and instrumental evaluation of model food systems using mathematical data processing are compared. Rational values of the mass fraction of a solution of a polyelectrolyte complex of chitosan and sodium alginate in the composition of the finished product were obtained according to the type of "spreadings" from recycled salmon.

Keywords: salmon liver and milt, model systems, chitosan and sodium alginate complex, organoleptic evaluation, rheological parameters, mathematical processing

For citation: Kotov N. E., Poleshchuk D. V., Zayats E. A., Maksimova S. N. Determination of rational values of the mass fraction of marine polysaccharides in model food systems from recycled salmon. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025;74(4): 38–46. (in Russ.).

Введение

К наиболее динамично развивающемуся сегменту пищевой продукции из водных биологических ресурсов можно отнести кулинарные изделия. Внутренний аудит крупных ретейлеров показывает увеличение продаж паст, паштетов, «намазок» и другой подобной кулинарной продукции [1].

В качестве сырья для данного ассортимента кулинарных изделий могут быть использованы условно пищевые отходы от переработки ценных промысловых пород рыб. Для Дальневосточного региона, где добывается большая часть лососевых, таким перспективным сырьевым ресурсом являются печень и молоки тихоокеанских лососей, которые обладают высокой биологической ценностью и богатым нутриентным составом [2].

Печень лососевых содержит значительное количество полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), жирорастворимых витаминов А и D, а молоки являются источником протаминов, нуклеиновых кислот и минеральных веществ. Их включение в состав рецептуры кулинарных изделий позволит не только расширить ассортимент кулинарной рыбной продукции, но и повысит рентабельность переработки тихоокеанских лососевых за счет снижения отходов производства.

Проблема, снижающая эффективность упомянутых технологий, заключается в том, что большинство производителей с целью улучшения органолептических свойств вносят в состав продуктов пищевые добавки (структурообразователи, стабилизаторы, усилители вкуса и аромата), некоторые добавки могут снижать биологическую ценность продукта и повлиять на конечный выбор потребителем данного ассортимента [3].

Перспективным направлением решения этой проблемы является использование природных полисахаридов, таких как хитозан и альгинат натрия. Эти биополимеры способны выполнять роль структурообразователей и барьерных соединений, а также придавать продукту дополнительные функциональные свойства (сорбционную и пребиотическую активность) [4].

Ранее нами определено рациональное соотношение печени и молок лососевых в модельных пищевых системах и оптимальный состав полиэлектролитного комплекса (ПЭК) – (2 : 1), которое обеспечивает выраженное антимикробное воздействие на микрофлору, однако для обеспечения эффективности технологии необходимо определить рациональные значения массовой доли вносимого в продукт ПЭК.

Цель настоящих исследований – определение рационального и оптимального количества ПЭК хитозан–альгинат натрия для использования в пищевой системе из печени и молок лососевых, позволяющее обеспечить высокие органолептические характеристики продукта при сохранении заданных структурно-механических свойств.

Объекты и методы исследования

Основным материалом исследования являлись печень и молоки кеты *Oncorhynchus keta* мороженые. Условно-пищевые отходы от переработки кеты (*Oncorhynchus keta*) были заготовлены в августе 2025 г. в прибрежных водах Охотского моря и предоставлены рыбопромышленным предприятием ООО р/к Артель «ИНЯ».

Материал поступил в мороженом виде и полностью соответствовал техническим условиям ТУ 20.20.16.006-50428341-2017 «Печень лососевых рыб (из кеты) замороженная» и ТУ 9267-005-26191641-01 «Молоки рыбные мороженые».

Все исследования проводились на базе лабораторий ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Модельные пищевые системы, состоящие из печени и молок лососевых в соотношении 1 : 1, бланшировали при температуре 100 °С в течение 10 мин [7] с целью снижения вкуса горечи печени и повышения структурно-механических свойств [8]. Далее в модельные системы вносили раствор ПЭК в количестве от 5 до 20 %, тщательно измельчали и перемешивали до полного распределения ПЭК. После чего образцы модельных пищевых систем доводили до кулинарной готовности путем нагрева до 71±2 С в толще образца, после чего проводили их охлаждение до температуры 4±2 °С.

Для термической обработки исследуемых образцов использовалась водяная баня LOIP LB-162.

Для получения ПЭК были использованы кислоторастворимый хитозан производства ООО «Биопрогресс», соответствующий по качеству ТУ 9289-067-00472124-03, и альгинат натрия (ТУ 15-544-83 «Альгинат натрия пищевой. Технические условия»).

Для приготовления ПЭК готовили 1%-й раствор хитозана путем растворения биополимера в 1%-й уксусной кислоте и 1%-й раствор альгината натрия, который растворяли в дистиллированной воде. Непосредственно ПЭК получали путем тщательного смешивания растворов хитозана и альгината натрия в соотношении 2 : 1.

Исследование реологических свойств образцов выполнялось на анализаторе текстуры «Brookfield CT3». Для тестирования гомогенных структур применяли метод пенетрации с использованием цилиндрического зонда. В ходе измерений фиксировали параметры: показатель твердости (hardness cycle) – усилие, требуемое для создания заданной деформации, и показатель адгезии (adhesive force) – сила, необходимая для «вытаскивания» зонда из образца (всасывающее действие). Экспериментальные работы проводились согласно методическим указаниям прибора (инструкция № М/08-37 А0708).

Оценка органолептических характеристик образцов проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 7631-2008.

Была разработана пятибалльная шкала органолептической оценки пищевых систем методом количественного описательного анализа (КОА) [6] и представлена в табл. 1.

Таблица 1

Балльная шкала органолептической оценки качества исследуемых пищевых систем

Table 1

A point scale for organoleptic assessment of the quality of the studied food systems

Комплексные показатели	Единичные показатели	Словесная характеристика баллов	Баллы
Внешний вид	Целостность поверхности	Поверхность целая, гладкая	5
		Поверхность однородная, целая	4
		Поверхность однородная	3
		Видимое расслоение	2
		Нарушение поверхности, видимое расслоение	1
	Цвет	Серый, равномерный	5
		Светло-серый, равномерный	4

		Коричневый, равномерный	3
		Серо-бежевый, неравномерный, тусклый	2
		Серо-бежевый, неравномерный с видимыми вкраплениями, тусклый	1
Консистенция	Плотность	Умеренно плотная	5
		Плотная	4
		Плотная	3
		Слабоватая	2
		Слабая	1
Запах	Степень свойственности данному типу продукта с добавлением ПЭК	Выраженный, свойственный печени и молокам, без посторонних	5
		Умеренный, свойственный печени и молокам, без посторонних	4
		Свойственный печени и молокам со слабо выраженным запахом ПЭК	3
		Свойственный печени и молокам с умеренно выраженным запахом ПЭК	2
		Свойственный печени и молокам с ярко выраженным запахом ПЭК	1
Вкус	Степень свойственности данному типу продукта с добавлением ПЭК	Выраженный, свойственный печени и молокам	5
		Умеренный, свойственный печени и молокам	4
		Свойственный печени и молокам со слабо выраженным вяжущим вкусом хитозана	3
		Свойственный печени и молокам с умеренно выраженным вяжущим вкусом хитозана	2
		Свойственный печени и молокам с ярко выраженным вяжущим вкусом хитозана	1

Результаты исследования

Потребительская оценка пищевой продукции формируется в первую очередь на основе органолептической оценки.

Хитозан, входящий в состав ПЭК, в определенной концентрации способен проявлять вяжущий вкус [4], что может привести к снижению органолептической оценки продукта. В связи с этим исследование органолептических характеристик пищевых систем из печени и молок лососевых с добавлением ПЭК позволит определить рациональное количество ПЭК в пищевой системе и сформирует основу для последующих исследований.

Результаты оценки органолептических свойств исследуемых модельных пищевых систем отражены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели органолептической оценки исследуемых образцов с добавлением ПЭК

Table 2

Indicators of organoleptic evaluation of the studied samples with the addition of PEC

Содержание ПЭК в модельной системе, %	Балльная оценка					
	Внешний вид	Консистенция	Цвет	Запах	Вкус	Среднее арифметическое
0	3	3	4	4	5	3,8
5	5	5	5	5	5	5,0
10	5	5	5	4	4	4,6
15	2	2	2	2	2	2,0
20	1	1	2	1	1	1,2

Зависимость органолептической оценки образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 1 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$ОО = 0{,}0003\omega_{ПЭК}^4 - 0{,}01\omega_{ПЭК}^3 + 0{,}0643\omega_{ПЭК}^2 + 0{,}13\omega_{ПЭК} + 3{,}8, \quad (1)$$

где ОО – органолептическая оценка, баллы;

$\omega_{ПЭК}$ – доля ПЭК, %.

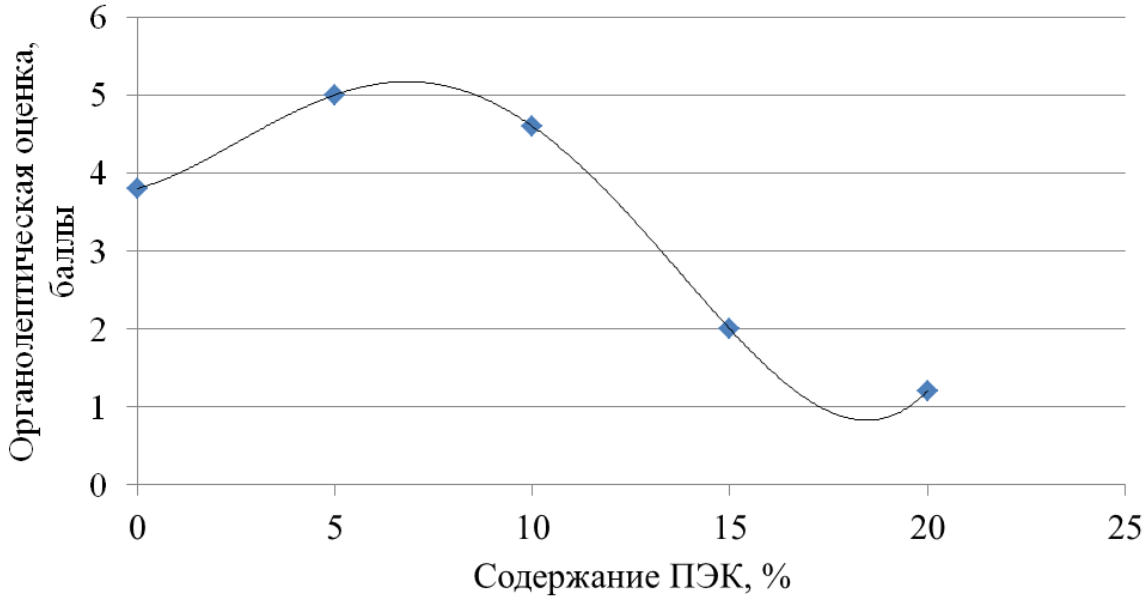


Рис. 1. Зависимость органолептической оценки образцов от доли внесенного ПЭК. Составлено авторами

Fig. 1. The dependence of the organoleptic evaluation of samples on the proportion of the applied PEC. Compiled by the authors

Из полученных данных (рис. 1) путем решения уравнения (1) можно сделать вывод, что введение раствора ПЭК в значениях от 5,0 до 9,5 % является рациональным, так как наилучшим образом влияет на органолептическую характеристику модельных пищевых систем. Прежде всего, это проявляется практически в отсутствии вяжущего вкуса хитозана. При этом появляется более выраженная мажущаяся структура, цвет пищевой системы становится серым однородным, свойственным подобным продуктам. Добавление ПЭК в исследуемую систему в массовой доле от 15 до 20 % сказалось более негативным образом на общую органолептическую оценку. Так, на поверхности и в толще системы присутствовала излишняя влага, наблюдалась неравномерность распределения растворов полисахаридов, отмечен выраженный кисловатый запах и вяжущий вкус раствора хитозана [4].

Большое значение для пищевых продуктов по типу «намазок» имеет консистенция готового изделия. Внесение раствора ПЭК в модельные системы оказывает значительное влияние на их консистенцию. В связи с этим актуально обоснование рациональных структурно-механических характеристик (твердости и силы адгезии) модельных пищевых систем при внесении в их состав раствора полисахаридов хитозана и альгината натрия. Исследование реологических характеристик позволит дать объективную инструментальную оценку качества модельных систем с внесенным раствором ПЭК. С этой целью проведены измерения реологических показателей экспериментальных образцов. Результаты измерения реологических показателей модельных систем представлены в табл. 3.

Таблица 3

Реологические показатели модельных систем при предварительной и основной термической обработке

Table 3

Rheological parameters of model systems during pre- and main heat treatment

Реологические показатели	Массовая доля ПЭК в исследуемых образцах, %				
	0 (контроль)	5	10	15	20
Твердость, г	472,00	361,00	305,50	233,50	257,00
Сила адгезии, г	66,50	70,20	110,50	89,00	58,00

Зависимость твердости образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 2 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$НС = 0{,}0123\omega_{ПЭК}^4 - 0{,}464\omega_{ПЭК}^3 + 5{,}9233\omega_{ПЭК}^2 - 41{,}75\omega_{ПЭК} + 472, \quad (2)$$

где *НС* – твердость, г;

$\omega_{ПЭК}$ – доля ПЭК, %.

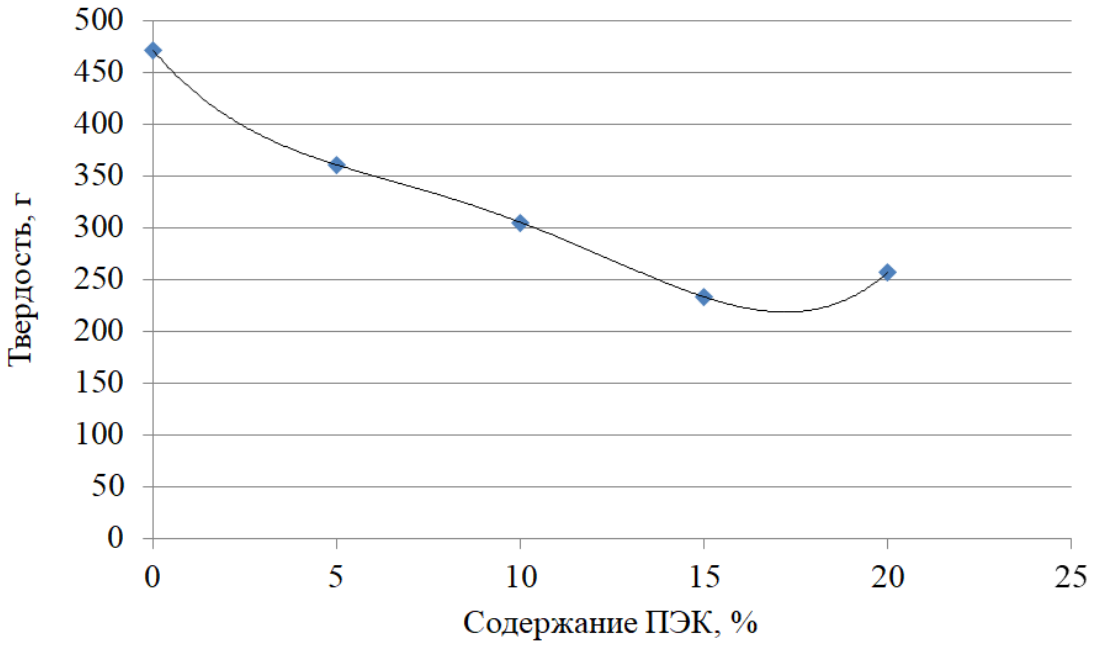


Рис. 2. Зависимость твердости образцов от доли внесенного ПЭК. Составлено авторами
Fig. 2. The dependence of the hardness of the samples on the proportion of the applied PEC. Compiled by the authors

Из полученных данных видно, что при увеличении массовой доли раствора ПЭК до 15 % в исследуемых пищевых системах идет снижение твердости образцов. Это обусловлено увеличением доли жидкой части в системе. В контрольном образце отмечена излишняя плотность, которая подтверждена инструментально. Небольшое увеличение твердости в пищевой системе с содержанием ПЭК 20 % можно объяснить тем, что он плохо распределился по модельной пищевой системе, образовав плотные скопления в общем объеме исследуемого образца. Как высокие, так и низкие значения показателя твердости являются негативными показателями для модельной пищевой системы.

Путем подстановки в уравнение (2) границ рационального с точки зрения органолептической оценки диапазона содержания ПЭК (5,0–9,5 %) определили, что твердость пищевых систем с внесенным ПЭК должна быть 312–361 г.

Зависимость силы адгезии образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 3 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$HC_A = 0{,}01\omega_{\text{ПЭК}}^4 - 0{,}4326\omega_{\text{ПЭК}}^3 + 5{,}4628\omega_{\text{ПЭК}}^2 - 17{,}015\omega_{\text{ПЭК}} + 66{,}5, \qquad (3)$$

где HC_A – величина адгезии, г;

$\omega_{\text{ПЭК}}$ – доля ПЭК, %.

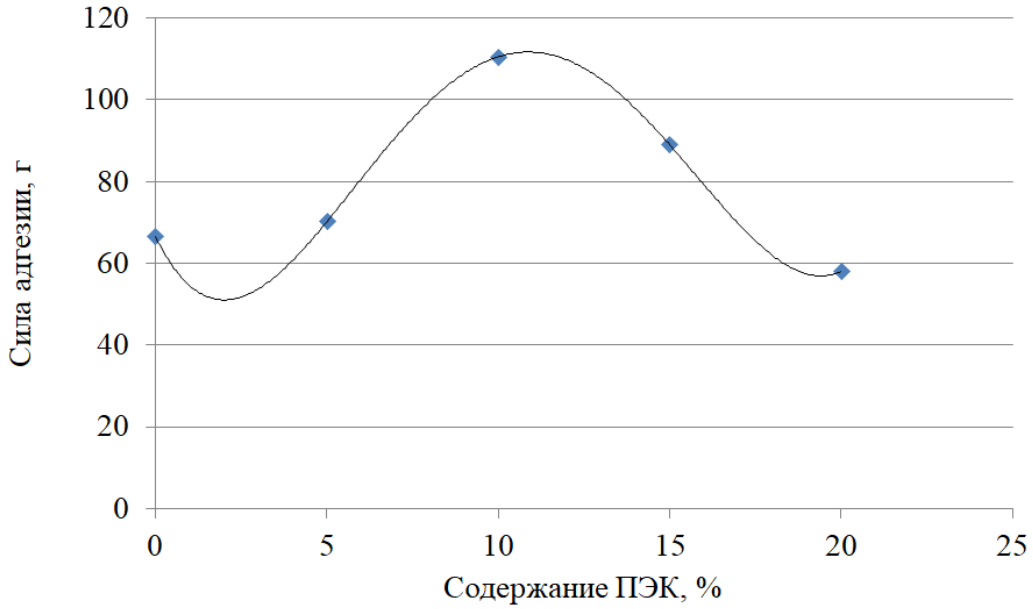


Рис. 3. Зависимость величины адгезии образцов от доли внесенного ПЭК. Составлено авторами
Fig. 3. Dependence of the adhesion value of the samples on the proportion of the applied PEC. Compiled by the authors

Поскольку исследуемые модельные пищевые системы являются основой кулинарного продукта по типу паштетов, то важным параметром такого продукта является показатель адгезии, определяющий его способность к «налипанию» и намазыванию. Модельная система без добавления ПЭК обладает слабой силой адгезии, которая увеличивается по мере увеличения доли ПЭК до 10 %. Последующее снижение силы адгезии свидетельствует о перенасыщении образца раствором ПЭК и нарушении его связи с компонентами пищевой системы.

Путем подстановки в уравнение (3) границ рационального с точки зрения органолептической оценки диапазона содержания ПЭК (5,0–9,5 %) определили, что сила адгезии пищевых систем с внесенным ПЭК должна быть 70–108 г.

Таким образом, коррелируя результаты органолептической и инструментальной оценки модельных пищевых систем, состоящих из ценного вторичного сырья тихоокеанских лососей (молок и печени) и раствора полиэлектролитного комплекса морских полисахаридов хитозана и альгината натрия, получены рациональные значения массовой доли ПЭК в составе готового продукта по типу «намазок» – от 5,0 до 9,5 %, чему соответствует твердость 312–361 г и сила адгезии 70–108 г.

В рациональном диапазоне целесообразно, на наш взгляд, выбрать верхний предел, так как он обеспечивает не только органолептические свойства продукта, но и повышает его биологическую ценность за счет более высокого содержания хитозана и альгината натрия.

Заключение

Рациональные значения массовой доли ПЭК в пищевой системе на основе учета органолептических показателей составили от 5,0 до 9,5 % к общей массе пищевой системы и в целом готового продукта. В данном диапазоне ПЭК не снижает органолептическую оценку кулинарного продукта, улучшая технологические свойства пищевой системы. Инструментальный метод определения реологических показателей (твердости и силы адгезии) показал, что в границах рационального содержания ПЭК в пищевой системе (от 5 до 9,5 %) показатель твердости составляет 312–361 г, а показатель силы адгезии 70–108 г. Использование раствора ПЭК в данном процентом диапазоне в технологии производства кулинарных продуктов позволит получить заданные технологические свойства в готовом продукте. Представленные результаты позволяют в последующем контролировать качественные характеристики кулинарной продукции с добавлением комплекса хитозана и альгината натрия «мажущей» консистенции путем использования инструментальных методов контроля, отличающихся точностью и объективностью.

Список источников

1. Дмитрий Кашутин, «Магнит»: «Собственное производство стало драйвером роста» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://www.retail.ru/interviews/dmitriy-kashutin-magnit sobstvennoe proizvodstvo-stalo-drayverom-rosta/ (дата обращения : 01.08.2025).

2. Котов Н. Е., Полещук Д. В., Максимова С. Н. Перспективы использования условно пищевых отходов дальневосточных лососевых рыб // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 41–47.

3. Котов, Н. Е. Анализ рынка продукции из измельченного рыбного сырья / Н. Е. Котов, Д. А. Жданов // Научный потенциал молодежи – развитию пищевых производств : материалы Нац. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. Электрон. дан. (20,5 Mb). Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. 472 с.

4. Максимова С. Н., Сафронова Т. М., Полещук Д. В. Хитиновые материалы в технологии водных биоресурсов. СПб. : Лань, 2017. 176 с.

5. Полещук Д. В., Котов Н. Е., Максимова С. Н., Панчишина Е. М. Формирование технологических характеристик пищевых систем из вторичного сырья дальневосточных лососевых // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 51–59.

6. Сафронова Т. М. Справочник дегустатора рыбной продукции. М. : Изд-во ВНИРО, 1998. 244 с.

7. Патент № 2223675 C2 Российская Федерация, МПК A23L 1/325, A23L 1/29. Способ приготовления рыбного пастообразного консервированного продукта / Доценко С. М., Скрипко О. В., Тильба В. А. [и др.]; заявитель ВНИИ сои. № 2001101184/13; заявл. 12.01.2001; опубл. 20.02.2004.

Сведения об авторах

Н. Е. Котов – аспирант кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 9752-2657.

Д. В. Полещук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 7061-7970.

Е. А. Заяц – кандидат технических наук, заведующий лабораторией кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 2429-7668.

С. Н. Максимова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания, SPIN-код: 4857-2135.

Information about the authors

N. E. Kotov – Postgraduate student of the Department of Food Technology, SPIN-code: 9752-2657.

D. V. Poleshchuk – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, SPIN-code: 7061-7970.

E. A. Zayats – PhD in Technical Sciences, Head of the Laboratory of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 2429-7668.

S. N. Maksimova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology, SPIN-code: 4857-2135.

Статья поступила в редакцию 13.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 13.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 47–55.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 664.9 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-05 EDN: CUJOFP

Влияние выбора контрольного образца на результаты биотестирования снековой продукции

Екатерина Мироновна Панчишина[1], Надежда Леонидовна Корниенко[2]
[1, 2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] panchishina.em@dgtru.ru; ORCID: 0000-0002-5069-0316
[2] kornienkonl@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7161-622X

Аннотация. Приведены экспериментальные данные по оценке влияния выбора контрольного образца на значения показателя относительной биологической ценности снековой продукции из макруруса малоглазого. На основе литературных данных приведено краткое обоснование использования инфузории *Tetrahymena pyriformis* в качестве индикаторного организма для биотестирования. В работе дана характеристика контрольных образцов (сырье, пшеничная мука, казеин, полуфабрикат до обработки), основанная на критериях их оценивания. Приведены графические данные динамики роста тест-культуры по дням опыта на испытуемых средах. Даны расчетные значения относительной биологической ценности и коэффициенты биологической активности исследуемых экспериментальных моделей. Сравнительный анализ позволил установить влияние вносимых растительных добавок в состав рецептуры экспериментальных моделей, а также технологический этап обработки полуфабрикатов. Независимо от критериев выбора контрольного образца установлено, что более высокие значения биологической ценности имели преимущественно экспериментальные модели с добавлением горохового изолята, которые составили относительно сырья 119 %, пшеничной муки – 125 %, казеина – 64 %, полуфабриката до термообработки – 116 % (сушеные) и 113 % (жареные).

Ключевые слова: макрурус малоглазый, растительные добавки, биотестирование, контрольный образец, критерии оценки

Для цитирования: Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л. Влияние выбора контрольного образца на результаты биотестирования снековой продукции // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 47–55.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 47–55.

FOOD SYSTEMS

Original article

The impact of the choice control sample on the results biotesting of snack products

Ekaterina M. Panchishina[1], Nadezhda L. Kornienko[2]
[1,2] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] panchishina.em@dgtru.ru; ORCID: 0000-0002-5069-0316
[2] kornienkonl@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7161-622X

© Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л., 2025

Abstract. Experimental data are presented to assess the effect choice of control sample on the values indicator of the relative biological value snack products from the small-eyed macrurus. Based on the literature data, a brief justification is given for the use the ciliate *Tetrahymena pyriformis* as an indicator organism for biotesting. The paper provides a description of the control samples (raw materials, wheat flour, casein, and semi-finished products before processing) based on their evaluation criteria. Graphical data are presented to show the growth dynamics test culture over the days of experiment on the test media. The calculated values of the relative biological value and the coefficients of biological activity studied experimental models are given. A comparative analysis allowed us to establish the influence of introduced plant additives on the composition of experimental models, as well the technological stage of processing the semi-finished products. Regardless of the criteria for selecting control sample, it was found that the experimental models with the addition of pea isolate had higher values of biological value, which were 119 % for the raw material, 125 % for wheat flour, 64 % for casein, and 116 % (dried) and 113 % (roasted) for the semi-finished product before heat treatment.

Keywords: small-eyed macrurus, plant additives, biotesting, control sample, evaluation criteria

For citation: Panchishina E. M., Kornienko N. L. The impact of the choice control sample on the results biotesting of snack products. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025;74(4): 47–55. (in Russ.).

Введение

Важность биологической оценки рыбного сырья определяется не только химическим составом, но и его биодоступностью для живых организмов. Биологическая ценность кормовых и пищевых продуктов отражает не только количество белков, липидов и углеводов, но и их пропорции и взаимное влияние на усвоение в организме. Биологическая ценность трансформируется за счет наличия микро- и макроэлементов, витаминов, пищевых волокон, биологически активных веществ и др., которые влияют на метаболизм и иммунитет. Понимание и оценка этих показателей жизненно необходимо для создания эффективных рационов, способствующих здоровью человека [1–3].

Инфузория *Tetrahymena pyriformis* представляет собой универсальную модель в биотестировании, поскольку её метаболические процессы во многом аналогичны тем, что наблюдаются у высших организмов. Этот микроорганизм требует аналогичный набор аминокислот, жирных кислот, углеводов и витаминов, как и млекопитающие, что позволяет использовать её в качестве тест-системы для оценки биологической ценности пищевых продуктов. Благодаря своей простоте и быстроте размножения *Tetrahymena pyriformis* обеспечивает надежные и воспроизводимые данные, а глубокое понимание её биохимических функций позволяет установить количественные показатели пищевой эффективности и биологической активности исследуемого объекта, благодаря чему можно получить надежные данные, важные для пищевой промышленности и науки [2, 4–6].

Оценка биологической ценности с использованием инфузории проводится через измерение относительной численности клеток на исследуемом материале в сравнении с контролем, что дает показатель относительной биологической ценности (ОБЦ) в процентах. При планировании биоиспытаний перед исследователем зачастую возникает вопрос о выборе контрольного образца. Так, согласно методическим указаниям под руководством Ю. П. Шульгина, при определении ОБЦ для сравнения в качестве эталона рекомендуется использовать контрольный продукт (стандартный – казеин, альбумин и т.д.), аналог или исследуемый объект в исходном состоянии (сырье, полуфабрикат и т.д.) [2].

Комплексный анализ нескольких значений показателя ОБЦ, основанный на применении различных вариантов контрольных образцов, позволяет более полно выявить влияние технологических процессов на качество рыбного сырья, что и предопределило цель настоящей работы.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили экспериментальные модели (ЭМ) снековой продукции, изготовленные в соответствии со схемой (рис. 1) проведения экспериментальной работы. В основу подготовки ЭМ положены результаты предыдущих исследований [7].

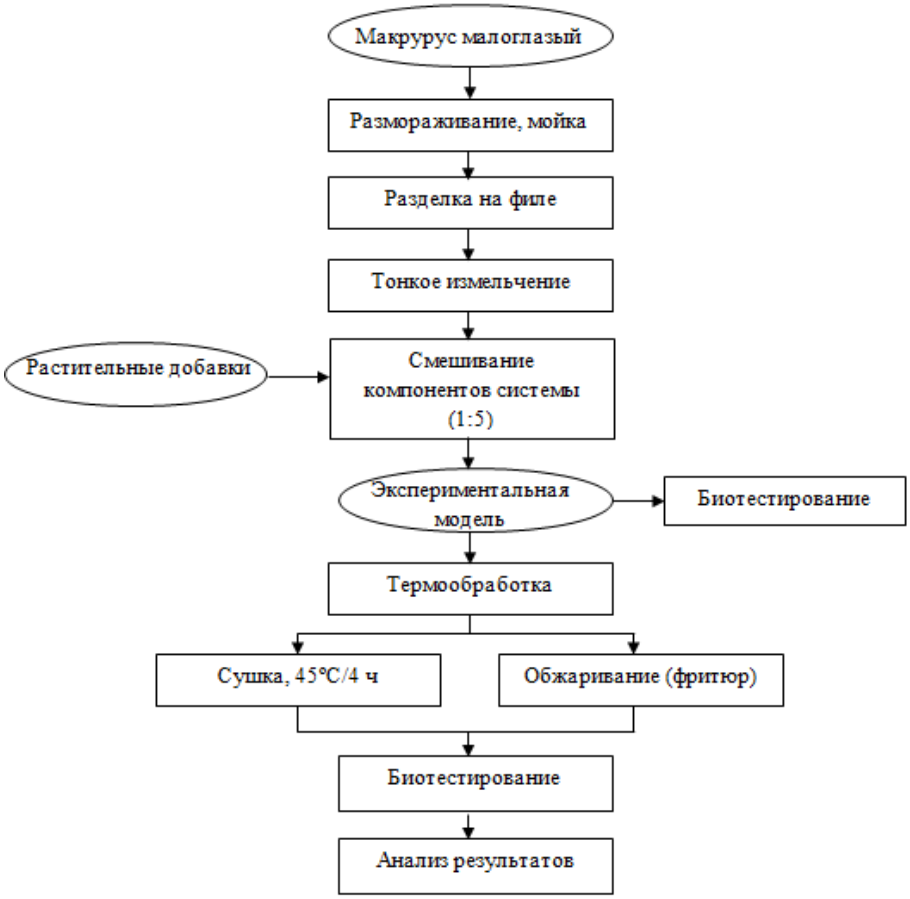


Рис. 1. Схема проведения экспериментальной работы по биотестированию снековой продукции. Составлено авторами

Fig. 1. Scheme for conducting experimental work on biotesting snack products/ Compiled by the authors

В соответствии с поставленной целью и условиями настоящей работы для биотестирования определены контрольные образцы (КО), характеристика которых и критерии оценивания приведены в табл. 1. С целью удобства сопоставления данных, полученных экспериментальным путем, и приведенных критериев оценки между собой принято цветовое оформление: голубой – макрурус малоглазый; розовый – пшеничная мука; оранжевый – казеин; зеленый – полуфабрикаты ЭМ до термообработки.

Таблица 1

Характеристика контрольных образцов

Table 1

Characteristics of control samples

№ п/п	Фактор / КО	Критерии оценки
1	Сырье / макрурус малоглазый	Физиологическое воздействие компонентов при создании обогащенной продукции
2	Растительная добавка / пшеничная мука	Обоснование выбора компонентов рецептуры на уровне технологических этапов
3	Белок / казеин	Оценка белкового компонента (стандарт)
4	Технологический этап (термообработка) / полуфабрикаты ЭМ (до термообработки)	Обоснование выбора способа термообработки

Процесс биотестирования и последующее определение значений показателей биологической ценности визуализирован на схеме, разработанной в соответствии с общепринятой методикой проведения анализа [2], представленной на рис. 2.



Рис. 2. Схема процесса биотестирования. Составлено авторами
Fig. 2. Scheme of the biotesting process. Compiled by the authors

В соответствии с методическими рекомендациями [2] подсчет клеток инфузорий необходимо осуществлять на 4–6-е сут, поскольку считается, именно в этот период (конец логарифмической фазы) число клеток достигает максимума и наступает стационарная фаза развития. Но, как показывает практика, интенсивность развития тетрахимены зависит от состава и качества экспериментируемых сред, которые в свою очередь влияют на время регенерации клеток и кривую их роста, где сменяемость фаз варьируется от 2 до 7–8 сут. В связи с этим каждые 24 ч осуществляли подсчет клеток, до наступления фазы гибели инфузорий, когда большее их число теряет жизнеспособность и погибает. В соответствии с этим результаты биотестирования представлены в динамике роста культуры тетрахимены по дням опыта.

Для характеристики усваиваемости ЭМ, наряду с КО применяли показатель – коэффициент биологической активности (КБА), который определяется отношением числа инфузорий при переходе в стационарную фазу роста к продолжительности (ч) инкубации до перехода роста инфузории в стационарную фазу.

Результаты и их обсуждение

Результаты биотестирования в динамике роста культуры *Tetrahymena pyriformis* по дням опыта на средах с ЭМ и КО представлены на рис. 3–5.

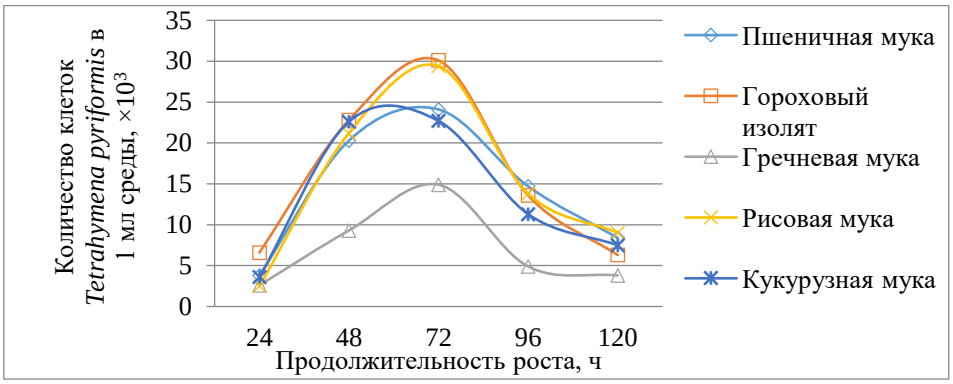


Рис. 3. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих полуфабрикаты ЭМ. Составлено авторами

Fig. 3. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing EM semi-finished products. Compiled by the authors

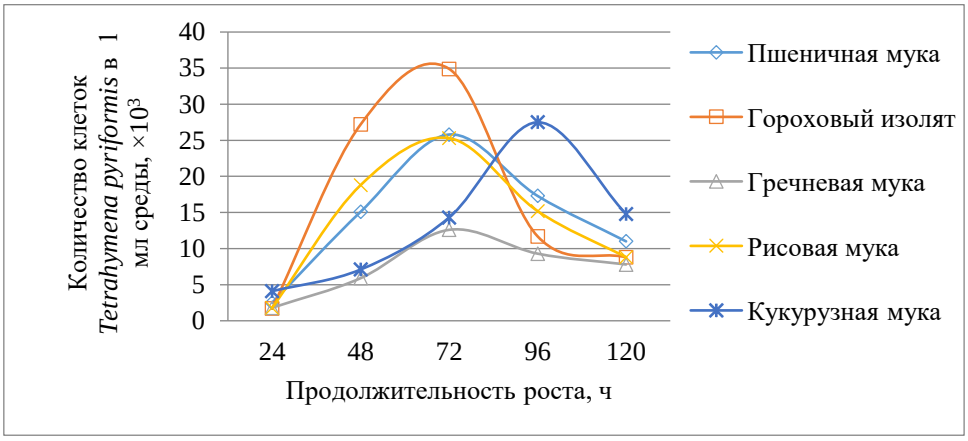


Рис. 4. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих сушеные ЭМ. Составлено авторами

Fig. 4. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing dried EM. Compiled by the authors

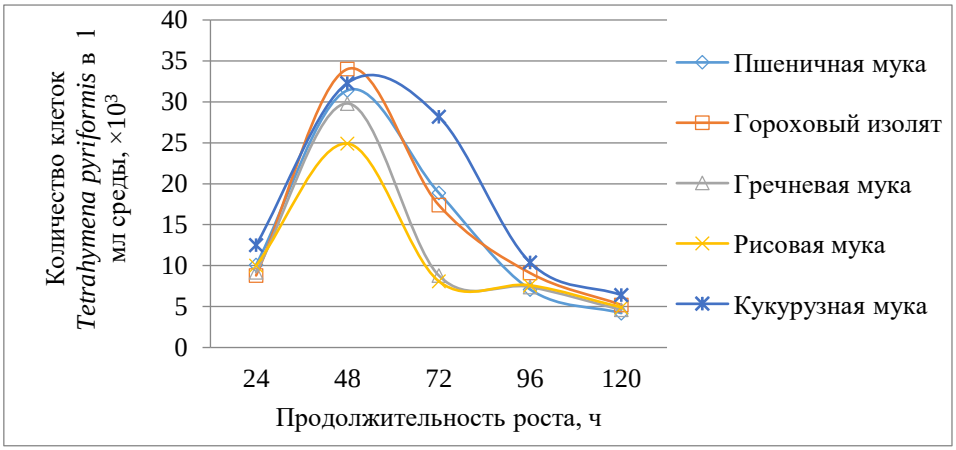


Рис. 5. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих жареные ЭМ. Составлено авторами

Fig. 5. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing roasted EM. Compiled by the authors

Полученные графические результаты кривых роста тест-культуры инфузории легли в основу расчетов по определению ОБЦ (рис. 6–9) и КБА (табл. 2).

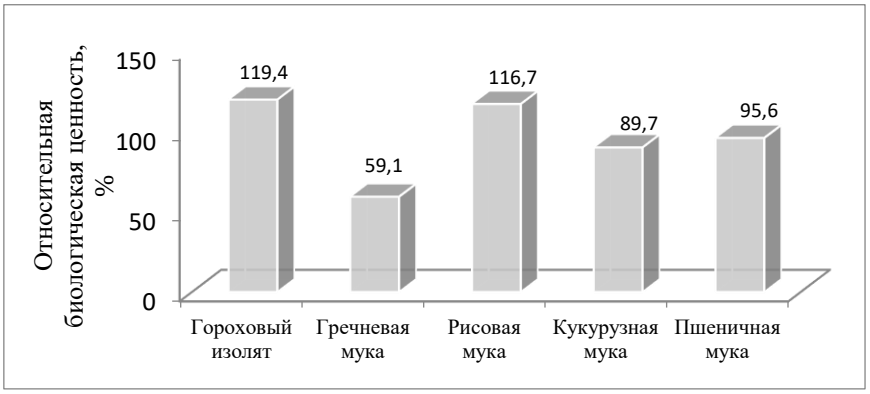


Рис. 6. Относительная биологическая ценность сырых снеков (контроль макрурус). Составлено авторами

Fig. 6. Relative biological value of raw snacks (control: macrurus). Compiled by the authors

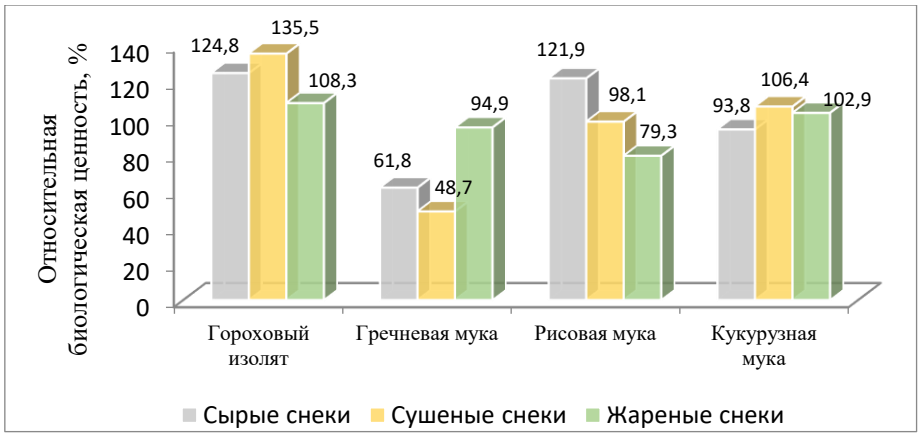


Рис. 7. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов (контроль пшеничная мука). Составлено авторами

Fig. 7. Relative biological value of the studied samples (control: wheat flour). Compiled by the authors

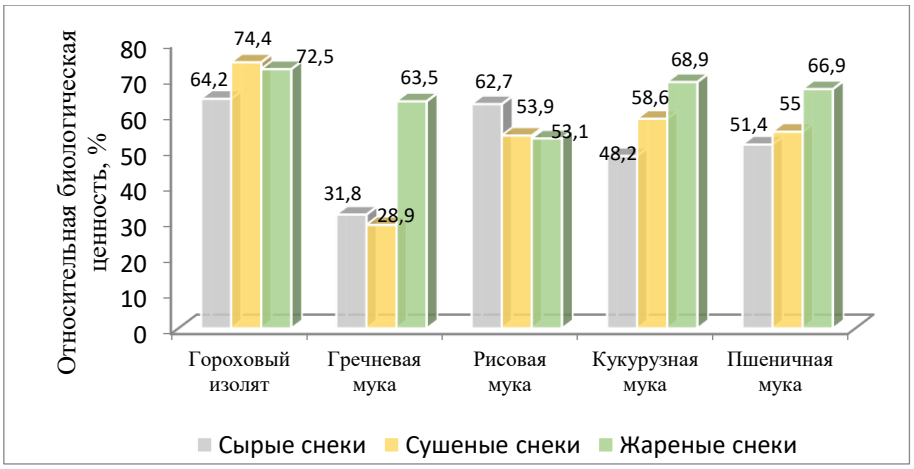


Рис. 8. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов (контроль казеин). Составлено авторами

Fig. 8. Relative biological value of the studied samples (casein control). Compiled by the authors

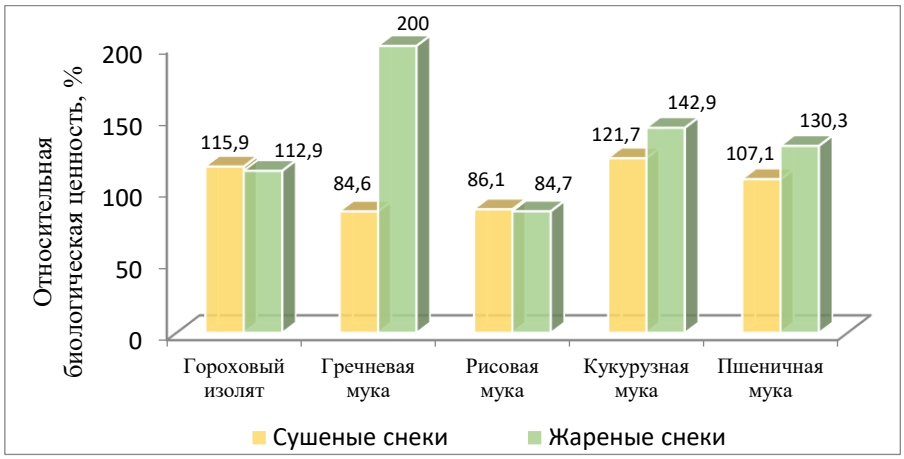


Рис. 9. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов (контроль сырые образцы). Составлено авторами

Fig. 9. Relative biological value of the samples under study (control: raw samples). Compiled by the authors

Результаты сравнительного анализа диаграмм, приведенных на рис. 6–9, с учетом критериев оценки и используемого контрольного образца (табл. 1) сведены в табл. 2.

Таблица 2

ОБЦ (%) в зависимости от способа термообработки и вида растительной добавки

Table 2

RBV (%) depending on the heat treatment method and the type of plant additive

Растительная добавка	Наименование контрольного образца	Способ термообработки		
		сырые	сушеные	жареные
Гороховый изолят	1	119	-	-
	2	125	136	108
	3	64	74	73
	4	100	116	113
Гречневая мука	1	59	-	-
	2	62	49	95
	3	32	29	64
	4	100	85	200
Рисовая мука	1	117	-	-
	2	122	98	79
	3	63	54	53
	4	100	86	85
Кукурузная мука	1	90	-	-
	2	94	106	103
	3	48	59	69
	4	100	122	143
Пшеничная мука	1	96	-	-
	2	100	100	100
	3	51	55	67
	4	100	107	130

Ниже приводится анализ ОБЦ ЭМ, а именно ее различных значений в зависимости от критериев выбора КО.

Критерий оценки физиологического воздействия (КО – сырье до обогащения) показал, что исследуемые в настоящей работе растительные добавки гороховый изолят и рисовая мука приводят к обогащению мышечной ткани макруруса малоглазого на 19 и 17 % соответственно.

При обосновании выбора компонентов рецептуры установлено, что гороховый изолят и рисовая мука способствуют увеличению значений биологической ценности на 25 и 22 % соответственно, в сравнении с пшеничной мукой (КО).

Относительно стандартного белка (казеин) наивысшие значения показателей биологической ценности, в сравнении с другими образцами, определены также для ЭМ с добавлением горохового изолята и рисовой муки и составили 64 и 63 % соответственно.

Согласно литературным данным при обработке сырья различными способами происходит потеря биологической ценности, которая не должна превышать величины от 3 до 10 % к исходному значению [2]. Полученные нами экспериментальные данные в ходе настоящей работы не согласуются с приведенной информацией. Так, например, способ термообработки обжаривание во фритюре напротив способствует увеличению значений показателя биологической ценности ЭМ с добавлением гречневой, кукурузной и пшеничной муки, в сравнении с сырыми образцами. Воздействие высушивания образцов с гороховым изолятом, кукурузной и пшеничной мукой также привело к некоторому увеличению ОБЦ на 16, 22 и 7 % соответственно. По всей вероятности, на значения показателя ОБЦ повлияли не температура обработки, а продолжительность процесса.

Для характеристики усваиваемости ЭМ произвели расчеты КБА, значения которых сведены в табл. 3.

Таблица 3

КБА в зависимости от способа термообработки и вида растительной добавки

Table 3

CBA, depending on the method of heat treatment and the type of plant additive

Растительная добавка	Способ термообработки		
	сырые	сушеные	жареные
Гороховый изолят	1,3	1,6	2,3
Гречневая мука	0,7	0,6	1,9
Рисовая мука	1,3	1,2	1,7
Кукурузная мука	1,0	0,9	2,2
Пшеничная мука	1,1	1,1	2,1

Известно, что чем выше биологическая активность продукта, тем лучше он усваивается [2]. Высокие значения показателя КБА отмечены у образцов ЭМ, подвергнутых обжариванию, что в целом коррелирует с вышеприведенными данными по определению ОБЦ.

Оценивая влияние вида растительной добавки на КБА, установили, что наибольшие значения отмечены у сырых и высушенных образцов с добавлением горохового изолята и рисовой муки, а также жареных с добавлением горохового изолята и кукурузной муки.

Заключение

Экспериментально подтвердили эффективность биологической оценки с использованием индикаторного организма инфузории *Tetrahymena pyriformis*, для оценки физиологического воздействия компонентов при разработке пищевых продуктов из водных биоресурсов различной направленности, при обосновании и разработке их рецептур, на любом этапе технологического процесса при выборе рациональных способов обработки.

Комплексный анализ полученных экспериментальным путем нескольких значений показателя ОБЦ позволил установить влияние вносимых растительных добавок в состав рецептуры экспериментальных моделей, а также технологический этап обработки полуфабрикатов. Независимо от критериев выбора контрольного образца в рамках настоящего эксперимента установлено, что более высокие значения биологической ценности имели преимущественно экспериментальные модели с добавлением горохового изолята, которые составили относительно

сырья 119 %, пшеничной муки – 125 %, казеина – 64 %, полуфабриката до термообработки – 116 % (сушеные ЭМ) и 113 % (жареные ЭМ).

Таким образом, результаты биотестирования показали перспективу использования исследованных растительных добавок с целью обогащения снековой продукции на основе мышечной ткани макруруса малоглазого.

Список источников

1. Методические рекомендации «Гигиеническая оценка рационов питания обучающихся (воспитанников)» (утв. руководителем Управления Роспотребнадзора по городу Москве и директором НИИ гигиены детей и подростков НЦЗД РАМН 25.02.2008).

2. Шульгин Ю. П., Шульгина Л. В., Петров В. А. Ускоренная биотис оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов : монография. Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2006. 124 с.

3. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания : учеб. пособие / Т. В. Подлегаева, А. Ю. Просеков. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. 101 с.

4. Беленький М. Б. Использование экспресс-метода биологической оценки продуктов и кормов. М. : ВАСХНИЛ, 1990. 10 с.

5. Игнатьев А. Д., Исаев М. К., Долгов В. А. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрахимена пириформис // Вопросы питания. 1980. № 1. С. 70–71.

6. Долгов В. А. Методические аспекты и практическое применение ускоренной биологической оценки кормов, продуктов животноводства и других объектов ветеринарно-санитарного и экологического контроля : автореф. дис. … д-ра вет. наук. М. : ВНИИВСГЭ, 1992. 41 с.

7. Панчишина, Е. М. Технологический эффект растительных добавок в фаршевых системах на основе мышечной ткани макруруса малоглазого / Е. М. Панчишина, Н. Л. Корниенко // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 72, № 2. С. 95–103. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2025-72-08.

Сведения об авторах

Е. М. Панчишина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-5069-0316.

Н. Л. Корниенко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-7161-622X.

Information about the authors

E. M. Panchishina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-5069-0316.

N. L. Kornienko – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-7161-622X.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 17.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 56–64.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 621.565.943 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-06 EDN: DFNOBC

Обоснование эффективности производства пищевой продукции из вторичного сырья тихоокеанских лососей

Денис Владимирович Полещук[1], Александр Михайлович Кайко[2], Никита Евгеньевич Котов[3]
[1–3] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542
[2] kaiko.am@dgtru.ru; ORCID: 0000-0003-0066-0001
[3] nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346

Аннотация. Представлены расчеты основных экономических показателей работы производственного предприятия по переработке вторичного сырья тихоокеанских лососей. Расчет экономической эффективности производился по двум производственным моделям. Первая модель включает в себя производство из молок лососевых мороженой продукции, из печени – кормовой муки и рыбьего жира. Вторая – выпуск паштета из печени и молок лососевых, а из остатка молок – мороженой продукции. В работе учитывали затраты на производство продукции, включающие стоимость тары и сырья по внутренним ценам. Результаты расчетов могут быть использованы для обоснования расширения ассортимента продукции, которая может быть рекомендована к внедрению на предприятиях, занимающихся переработкой лососевых.

Ключевые слова: лососевые, вторичное сырье, возвратные отходы, экономическая эффективность, рентабельность, выручка от реализации

Для цитирования: Полещук Д. В., Кайко А. М., Котов Н. Е. Обоснование эффективности производства пищевой продукции из вторичного сырья тихоокеанских лососей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 56–64.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 56–64.

FOOD SYSTEMS

Original article

Foundation of the effectiveness food production from recycled Pacific salmon

Denis V. Poleshchuk[1], Alexandr M. Kaiko[2], Nikita E. Kotov[3]
[1–3] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542
[2] kaiko.am@dgtru.ru; ORCID: 0000-0003-0066-0001
[3] nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346

Abstract. The article presents calculations of the main economic performance indicators of a manufacturing enterprise for processing recycled Pacific salmon. Economic efficiency was calculated using two production models. The first model includes the production of frozen salmon

© Полещук Д. В., Кайко А. М., Котов Н. Е., 2025

products from salmon milt, and feed flour and fish oil from liver. The second is the production of liver paste and salmon milk, and frozen products from the rest of the milk. The work took into account the cost of production, including the cost of packaging and raw materials at domestic prices. The calculation results can be used to justify the expansion of the product range, which can be recommended for implementation at enterprises engaged in salmon processing.

Keywords: salmon, secondary raw materials, recyclable waste, economic efficiency, profitability, revenue from sales

For citation: Poleshchuk D. V., Kaiko A. M., Kotov N. E. Foundation of the effectiveness food production from recycled Pacific salmon. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025;74(4): 56–64. (in Russ.).

Введение

Рыбохозяйственный комплекс Российской Федерации является важной составляющей национальной экономики. К основным стратегическим документам, регламентирующим деятельность рыбохозяйственного комплекса, относится «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года». Согласно данной стратегии рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов с вовлечением их в глубокую переработку является важной и актуальной задачей [1].

К одним из массовых объектов промысла на Дальнем Востоке можно отнести семейство лососевых. Ежегодные объемы вылова данного сырья составляют в среднем около 400 тыс. т [2]. К концу сентября 2025 г. общий вылов тихоокеанских лососей составил почти 335 тыс. т. Согласно данным на 30 сентября 2025 г. распределение вылова лососевых представлено на рис. 1 [3].

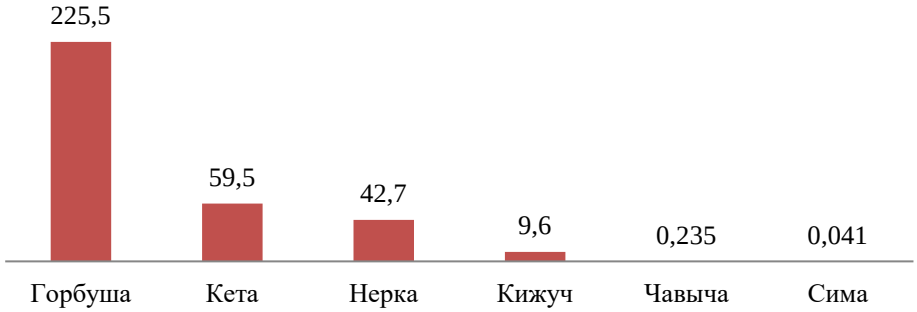


Рис. 1. Итоги лососевой путины 2025 г. Составлено авторами
Fig. 1. Results of the salmon harvest in 2025. Compiled by the authors

На основе анализа текущего состояния в области переработки лососевых можно сделать вывод, что более 95 % от этого улова подвергается переработке путем потрошения и обезглавливания. При таких способах технологической обработки рыбы образуются пищевые части (молоки и печень), которые являются ценным пищевым сырьем, перспективным для производства из него биологически ценной и биологически активной продукции. При этом в настоящий момент данные ценные пищевые части лососевых используются для производства частично пищевой и кормовой продукции. Цель настоящих исследований – провести расчет экономической и технологической эффективности и целесообразности производства кулинарной продукции длительного хранения из печени и молок, по сравнению с существующим способом использования данного сырья.

Объекты и методы исследования

В качестве примера для расчетов была выбрана рыбодобывающая компания рыболовецкая артель «Иня», ведущая промысел и переработку лососевых в Хабаровском крае. Объектом расчета являлась кета, поступившая в переработку в количестве 100 т. Количество отходов

определяли в соответствии с нормативным документом «Единые нормы выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры», утв. ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

При написании работы использовались следующие методы: статистический, сравнения, экономического анализа.

Результаты и их обсуждение

Для расчета технологической и экономической эффективности использования вторичного сырья (молок и печени лососевых) авторами представлены последовательные расчеты выпуска пищевой и кормовой продукции и затрат в соответствии с существующими на предприятии технологиями и предлагаемым вариантом переработки возвратных отходов для производства только пищевой продукции с высокой добавленной стоимостью.

Расчет количества возвратных отходов приведен в табл. 1

Таблица 1

Расчет количества возвратных отходов

Table 1

Calculation of the amount of returnable waste

Вид рыбы	Нормы возвратных отходов, %		Масса возвратных отходов, т	
Кета	молоки	печень	молоки	печень
	3,7	2,3	3,7	2,3

Примечание. Расчет количества возвратных отходов выполнен только в части исследуемых объектов (молоки и печень), абстрагируясь от расчета других видов возвратных отходов.

Согласно данным табл. 1 доля возвратных отходов, используемых на выпуск пищевой и кормовой продукции, составляет 6,0 % от общей массы рыбы-сырца, из которых 3,7 т приходится на молоки и 2,3 т на печень.

Выпуск продукции в натуральном выражении при существующей модели использования сырья рассчитан на основе норм выхода готовой продукции и общей массы возвратных отходов (табл. 2).

Таблица 2

Расчет выпуска готовой продукции (модель 1)

Table 2

Calculation of the output of finished products (model 1)

Вид продукции	Количество отходов, т		Норма выхода продукции, %	Выпуск продукции, т
	молоки	печень		
Молоки мороженые	3,7	–	0,98	3,626
Мука кормовая	–	2,3	0,16	0,368
Рыбий жир	–	2,3	0,1	0,23
Итого	3,7	2,3	–	–

Как видно из табл. 2, из общей массы вторичного сырья можно произвести 3,626 т продукции «молоки мороженые», 0,368 т кормовой рыбной муки и 0,23 т рыбьего жира.

Вторая технологическая модель включает в себя производство паштета из молок и печени, а остаток молок направляется на выпуск мороженой продукции. Эта модель предполагает использование новой технологии. Блок-схема технологического процесса производства паштета из печени и молок лососевых представлена на рис. 2.

В качестве сырья в технологии использовали печень и молоки дальневосточных лососевых мороженые. Для расчёта использовали базовую рецептуру продукта с использованием в качестве вспомогательных материалов только поваренную соль.

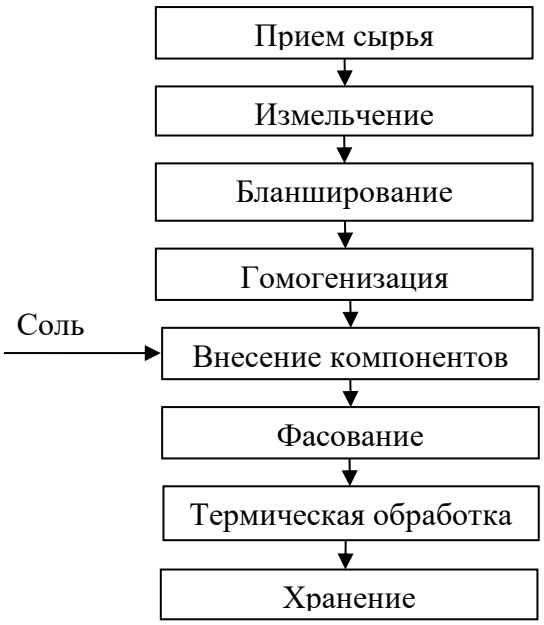


Рис. 2. Технологическая схема получения пищевой продукции из печени и молок дальневосточных лососевых. Составлено авторами

Fig. 2. Technological scheme for obtaining food products from the liver and milk of Far Eastern salmon. Compiled by the authors

Измельчение печени и молок лососевых осуществляли после размораживания до температуры минус 5 ^{0}С с целью получения однородной массы.

Далее измельченную массу направляли на бланширование с целью подготовки к гомогенизации и удаления горечи печени. Бланширование проводили при температуре греющей среды 100 ^{0}С в течение 10 мин [4]. Гомогенизацию осуществляли для получения однородной консистенции массы. Подготовленное рыбное сырье и соль предварительно взвешивали в соответствии с рецептурой. Компоненты загружали в приемную воронку эмульситатора и обрабатывали в течение 2–5 мин до получения однородной гомогенной массы.

Гомогенизированную массу фасовали в тару и укупоривали.

Термическую обработку проводили путем нагрева до температуры 71±2 ^{0}С в центре банки, что обеспечивало подавление вегетативных форм микроорганизмов [5].

Расчет выпуска продукции по предлагаемой авторами модели технологического решения переработки возвратных отходов выполнен исходя из количества вторичного сырья, полученного при разделке рыбы, и норм расхода сырья на 1000 физических банок или 1 т мороженой продукции (табл. 3).

Таблица 3

Расчет выпуска готовой продукции (модель 2)

Table 3

Calculation of the output of finished products (model 2)

Вид продукции	Количество отходов, т		Норма расхода сырья	Масса сырья, т	Выпуск продукции, физ. банок, т
	молоки	печень			
Паштет	2,1	-	1,06	1,98	-
	-	2,3	1,16	1,98	-
Итого	2,1	2,3		3,96	17200,0
Молоки мороженые	1,6	-	1,02	1,6	1,568
Всего	3,7	2,3	-	-	-

Примечания: 1. Норма расхода сырья: 230 г/физ. банку в равных долях.

2. Остаток молок (3,7–2,1) направляется на выпуск мороженой продукции.

Согласно расчетам, представленным в табл. 3, из 6 т возвратных отходов, полученных при разделке 100 т кеты, выпуск пищевой рыбной продукции с учетом реализации проектируемых мероприятий составит: 17,2 тыс. физ. банок паштета и 1,568 т продукции «молоки мороженые».

Расчет затрат на производство продукции выполнен в соответствии с методикой внутрифирменного планирования и гл. 25 Налогового кодекса РФ.

При этом себестоимость проектируемых видов продукции состоит из следующих затрат:

- материальные расходы;
- расходы на оплату труда персонала предприятия;
- косвенные расходы.

К материальным расходам относится стоимость сырья, основных материалов, тары и тарных материалов.

В качестве сырья используются молоки и печень, полученные при разделке рыбы. Расчет стоимости сырья для производства продукции по базовому и проектируемому вариантам направления его в обработку представлен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет стоимости сырья на производственную программу

Table 4

Calculation of the cost of raw materials for the production program

Наименование продукции	Вид сырья	Количество сырья, т	Внутризаводские цены, тыс. руб./т	Стоимость сырья, тыс. руб.
Выпуск продукции по первой модели				
Молоки мороженые	Молоки	3,7	30,0	111,0
Мука кормовая	Печень	2,3	10,0	23,0
Рыбий жир	Побочный продукт	–	–	–
Всего	–	6,0	-	134,0
Выпуск продукции по второй модели				
Паштет	Молоки	2,1	30,0	63,0
	Печень	2,3	30,0	69,0
Итого		4,4	–	132,0
Молоки мороженые	Молоки	1,6	30,0	48,0
Итого	–	1,6	–	48,0
Всего		6,0	–	180,0

Расчет потребности и стоимости вспомогательных материалов выполнен на основе количества выпускаемой продукции, норм расхода на единицу продукции и рыночных цен на материалы. В соответствии с планируемым ассортиментом производственной программы предприятия и рецептурой проектируемого вида продукции для производства паштета в качестве вспомогательного материала использована соль.

Стоимость вспомогательных материалов:

соль 2 кг/т.ф.б. × 17,200 × 25 руб. = 0,86 тыс. руб.

Далее осуществлялся расчет тары и тарных материалов. Мороженая продукция (молоки) помещается в стандартную гофрированную тару с предварительным упаковыванием блока (10 кг) в пленочный мешок-вкладыш.

Для упаковки рыбной кормовой муки используются мешки из плотного джута.

Рыбий жир разливается в металлические бочки с защитным слоем.

В качестве тары при производстве паштета используется металлическая банка № 6 по ГОСТ 5981, ящики из гофрокартона с обечайками и горизонтальными прокладками, стреппинг лента для обвязки ящиков. Расчет потребности и стоимости тары и тарных материалов выполнен в табл. 5.

Таблица 5

Расчет потребности и стоимости тары и тарных материалов

Table 5

Calculation of the need and cost of containers and packaging materials

Наименование продукции	Вид тары	Норма расхода, ед.	Потребность, ед.	Цена, руб./ед.	Стоимость, тыс. руб.
Выпуск продукции по первой модели					
Молоки мороженые	Гофроящик	100 ящ./т	363	80,0	29,04
	Пакет ПП	100 шт./т	363	15,0	5,45
	Этикетка	100 шт./т	363	1,0	0,36
	Стреппинг лента	0,25 боб./т	1	4800,0	4,80
Итого	–	–	–	–	39,65
Мука кормовая	Мешок для муки	25 шт./т	10	100,0	1,0
	Этикетка	25 шт./т	10	1,0	0,01
	Нитки	0,4 кг/	0,15	700,0	0,11
Итого	–	–	–	–	1,12
Рыбий жир	Бочка металлическая	10 шт./т	3	3500,0	10,50
Итого	–	–	–	–	10,50
Выпуск продукции по второй модели					
Паштет	Банка № 6	1005 шт./1000	17286	30,0	518,58
	Этикетка	1005 шт./1000	17286	1,0	17,29
	Гофроящик	21 ящ./1000 б	362	50,0	18,10
	Этикетка на ящик	21 шт./1000 б	362	1,0	0,36
	Стреппинг лента	–	1	4800,0	4,80
Итого	–				559,13
Молоки мороженые	Гофроящик	100 ящ./т	157	80,0	12,56
	Пакет ПП	100 шт./т	157	15,0	2,36
	Этикетка	100 шт./т	157	1,0	0,16
	Стреппинг лента	0,25 боб./т	0,4	4800,0	1,92
Итого	–	–	–	–	17,0

Расходы на оплату труда определены в соответствии с численностью основных рабочих на технологической линии по производству проектируемых видов продукции и уровня среднемесячной заработной платы, сложившейся на исследуемом предприятии.

Заработная плата:

2 чел. × 90,0 тыс. руб. = 180,0 тыс. руб.

Страховые взносы:

180,0 тыс. руб. × 0,308 = 54,44 тыс. руб.

Косвенными затратами являются общепроизводственные расходы, которые в силу своей целостности нельзя отнести непосредственно на ту или иную продукцию, выпускаемую данным производственным подразделением. Они распределяются между видами продукции в соответствии с выбранным критерием. В данной работе общепроизводственные расходы распределены пропорционально удельному весу расходов на оплату труда по соответствующим видам продукции.

На основе выполненных расчетов в табл. 6 и 7 представлены затраты на производство продукции до и после реализации проектного решения соответственно.

Таблица 6

Затраты на производство продукции (модель 1), тыс. руб.

Table 6

Production costs (model 1), thousand rubles

	Всего затрат	В том числе		
		Молоки мороженые	Мука кормовая	Рыбий жир
Сырье	134,0	111,0	23,0	–
Тара и тарные материалы	51,27	39,65	1,12	10,50
Расходы на оплату труда	180,0	154,44	15,66	9,90
Страховые взносы	55,44	47,57	4,82	3,05
Итого прямые расходы	420,71	352,66	44,60	23,45
Общепроизводственные расходы (30 %)	126,21	108,29	10,98	6,94
Всего затраты	546,92	460,95	55,58	30,39

Таблица 7

Затраты на производство продукции (модель 2), тыс. руб.

Table 7

Production costs (model 2), thousand rubles

	Всего затрат	В том числе	
		Паштет	Молоки мороженые
Сырье	180,0	132,0	48,0
Основные материалы	0,86	0,86	
Тара и тарные материалы	576,13	559,13	17,0
Расходы на оплату труда	180,0	131,90	48,10
Страховые взносы	55,44	40,63	14,81
Итого прямые расходы	992,43	864,52	127,91
Общепроизводственные расходы (30 %)	297,73	218,24	79,49
Всего затраты	1290,16	1082,76	207,40

Примечания: 1. Расходы на оплату труда распределяются между видами выпускаемой продукции пропорционально массе соответствующих видов продукции.

2. Сумма общепроизводственных расходов составляет 30 % от прямых затрат на производство и распределяется между видами продукции пропорционально удельному весу расходов на оплату труда по соответствующим видам продукции.

Операционная деятельность характеризуется доходами и расходами предприятия и показывает ее эффективность (покрытие затрат на производство доходами от продажи произведенной продукции), полученную прибыль (табл. 8).

В настоящее время цены на продукцию устанавливаются предприятием самостоятельно на основе сложившейся себестоимости единицы продукции, величины желаемой прибыли и конъюнктуры рынка.

Таблица 8

Расчет выручки от продажи продукции и прибыли

Table 8

Calculation of product sales revenue and profit

Наименование продукции	Выпуск продукции	Затраты, тыс. руб.	Себестоимость ед. продукции	Цена, тыс. руб./ед.	Выручка, тыс. руб.	Прибыль, тыс. руб.
Выпуск продукции по первой модели						
Молоки мороженые, т	3,626	460,95	127,12	200	725,0	264,05
Мука кормовая, т	0,368	55,58	151,03	170,0	62,56	6,98
Рыбий жир, т	0,23	30,39	132,13	150,0	34,50	4,11

Итого		546,92			822,06	275,14
Выпуск продукции по второй модели						
Паштет, физ. банки	17200	1082,76	62,95	110,0	1892,0	809,24
Молоки мороженые, т	1,568	207,40	132,27	200	313,6	106,20
Итого		1290,16			2205,6	915,44

В табл. 9 представлена обобщенная характеристика экономических показателей производства продукции из вторичного сырья в зависимости от технологических вариантов его переработки.

Таблица 9

Сравнительная характеристика показателей технологической модели переработки вторичного сырья

Table 9

Comparative characteristics of the technological model of recycling of secondary raw materials

Показатель	Модель 1	Модель 2	Темп роста, %	Отклонение, +/-
Вылов рыбы, т	100,0	100,0	100,0	-
Возвратные отходы, всего, т	6,0	6,0	100,0	-
Выручка, тыс. руб.	822,06	2205,6	268,3	+1383,54
Затраты, тыс. руб.	546,92	1290,16	235,9	+743,24
Прибыль от продаж, тыс. руб.	275,14	915,44	332,8	+640,3
Рентабельность деятельности, %	50,3	71,0	-	+20,7
Добавленная стоимость, тыс. руб.	509,58	1149,88	225,7	+640,3

Как видно из представленных результатов расчета основных экономических показателей работы производственного подразделения по переработке возвратных отходов (вторичного сырья), наиболее эффективным является предложенный вариант технологического решения использования ценного вторичного сырья для производства пищевой продукции.

При вылове и переработке 100 т рыбы-сырца масса возвратных отходов достигает 6 т. Выручка от реализации продукции, произведенной по сложившейся на предприятии технологической модели переработки вторичного сырья, может составить 822,1 тыс. руб. При уровне затрат на 1 руб. реализованной продукции 0,67 руб. предприятие получит 275,14 тыс. руб. прибыли от продаж, а показатель рентабельности данного вида деятельности составит около 50 %.

Заключение

Анализ текущего состояния в области переработки вторичного сырья из лососевых и формирование параметров основных показателей «образа желаемого состояния» позволили сформировать более предпочтительный вариант использования вторичного сырья, полученного при разделке тихоокеанских лососей.

Выпуск продукции по предлагаемой авторами модели технологического решения переработки возвратных отходов направлен на переориентацию производства с технической продукции на пищевую. Реализация проекта позволит значительно увеличить выручку и прибыль от продажи продукции, и, как следствие, уровень рентабельности деятельности предприятия увеличится на 20,7 процентных пункта.

Величина добавленной стоимости (прибыль от продаж и расходы на оплату труда) увеличится на 125,7 % по сравнению с величиной данного показателя по первой модели производства продукции из вторичного сырья.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности внедрения на рыбоперерабатывающих предприятиях технологии паштетов из ценного вторичного сырья, переориентируясь на пищевую продукцию при переработке тихоокеанских лососей.

Список источников

1. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: текст с изменениями и дополнениями на 23 ноября 2023 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2567-р: [утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 года]. URL: https://docs.cntd.ru/document/351735594 (дата обращения : 26.10.2025).

2. Федеральное агентство по рыболовству. Коллегия Росрыболовства. Материалы коллегии [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://fish.gov.ru/about/kollegiya-rosrybolovstva (дата обращения : 26.10.2025).

3. Нарастающий вылов тихоокеанских лососей по промысловым районам Дальнего Востока России на 30 сентября 2025 года. ФГБНУ «ВНИРО» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.vniro.ru/files/putina-losos/putina-losos-2025/20251020-losos-putina.pdf (дата обращения : 26.10.2025).

4. Патент № 2223675 C2 Российская Федерация, МПК A23L 1/325, A23L 1/29. Способ приготовления рыбного пастообразного консервированного продукта / Доценко С. М., Скрипко О. В., Тильба В. А. [и др.]; заявитель ВНИИ сои. № 2001101184/13; заявл. 12.01.2001; опубл. 20.02.2004.

5. Артемов А. В. Научное обоснование технологий высокобелковых пищевых продуктов на основе осетровых рыб для питания спортсменов : автореф. дис. … канд. техн. наук: 4.3.3. / Артемов Андрей Викторович. Астрахань, 2024. 20 с.

Сведения об авторах

Д. В. Полещук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 7061-7970.

А. М. Кайко – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и финансов, SPIN-код: 6075-8715.

Н. Е. Котов – аспирант кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 9752-2657.

Information about the authors

D. V. Poleshchuk – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, SPIN-code: 7061-7970.

A. M. Kaiko – PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics, Management and Finance, SPIN-code: 6075-8715.

N. E. Kotov – Postgraduate student of the Department of Food Technology, SPIN-code: 9752-2657.

Статья поступила в редакцию 14.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 14.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 65–73.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Обзорная статья
УДК 664.95 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-07 EDN: FCJHFO

Разработка мер предотвращения экономически мотивированной фальсификации молочной продукции

Софья Тимофеевна Попова[1], Елизавета Вячеславовна Крюкова[2]
[1, 2] Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия
[1] popova.sofitik0805@yandex.ru
[2] KryukovaEV@mgupp.ru; ORCID: 0000-0001-6858-3618

Аннотация. В условиях современной экономической нестабильности крупные торговые сети вынуждены предпринимать стратегические инициативы по оптимизации закупочных цен с целью обеспечения ценовой доступности продукции и поддержания стабильного уровня продаж. В результате этого процесса наблюдается тенденция к увеличению случаев фальсификации товаров, что позволяет производителям поддерживать непрерывность поставок. Для компенсации убытков производители прибегают к различным методам фальсификации, включая использование некачественных ингредиентов, нарушение технологических регламентов и даже подделку сопроводительной документации. Это явление оказывает значительное влияние на качество продукции, потребительские предпочтения и общую стабильность рынка. Одним из ключевых факторов, сдерживающих распространение фальсификации, является высокая степень сложности её реализации. Существующие методы контроля и мониторинга качества продукции, а также строгие регуляторные требования со стороны государственных органов создают значительные барьеры для недобросовестных производителей. В статье анализируются современные технологии, используемые для мониторинга качества на всех этапах производства продукции. Данные методы обеспечивают оперативное выявление потенциальных рисков и подтверждение соответствия продукции установленным стандартам, что ведет к снижению уровня экономически преднамеренной фальсификации продукции.

Ключевые слова: безопасность пищевых продуктов, фальсификация, прослеживаемость, цифровые инновации на производстве

Для цитирования: Попова С. Т., Крюкова Е. В. Разработка мер предотвращения экономически мотивированной фальсификации молочной продукции // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 65–73.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 65–73.

FOOD SYSTEMS

Review article

Development of measures to prevent economically motivated adulteration of dairy products

Sofya T. Popova[1], Elizaveta V. Kryukova[2]
[1, 2] Russian University of Biotechnology (ROSBIOTECH), Moscow, Russia
[1] popova.sofitik0805@yandex.ru
[2] KryukovaEV@mgupp.ru; ORCID: 0000-0001-6858-3618

Abstract. In the context of modern economic instability, large retail chains are forced to take strategic initiatives to optimize purchase prices in order to ensure product affordability and

© Попова С. Т., Крюкова Е. В., 2025

maintain stable sales levels. As a result of this process, there is a tendency for an increase in cases of falsification of goods, which allows manufacturers to maintain continuity of supply. To compensate for losses, manufacturers resort to various methods of falsification, including the use of substandard ingredients, violation of technological regulations, and even forgery of accompanying documentation. This phenomenon has a significant impact on product quality, consumer preferences, and overall market stability. One of the key factors hindering the spread of falsification is the high degree of complexity of its implementation. Existing methods of product quality control and monitoring, as well as strict regulatory requirements from government agencies, create significant barriers for unscrupulous manufacturers. The article analyzes modern technologies used for quality monitoring at all stages of production. These methods ensure the prompt identification of potential risks and confirmation of product compliance with established standards, which leads to a reduction in the level of economically deliberate falsification of products.

Keywords: food safety, falsification, traceability, digital innovations in production

For citation: Popova S. T., Kryukova E. V. Development of measures to prevent economically motivated adulteration of dairy products. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 65–73. (In Russ.).

Введение

Наличие рыночных условий породило многообразие продукции, и теперь потребитель может выбрать наилучший продукт из всех представленных на рынке. Желая получить прибыль, производители выпускают на рынок конкурентоспособный продукт, но, к сожалению, он может быть не всегда безопасным [1]. Таким образом, недобросовестный производитель извлекает неправомерную выгоду, снижая себестоимость продукции путём замены дорогостоящего сырья на более дешёвое, что в итоге нередко негативно сказывается на здоровье. Согласно Федеральному закону «О качестве и безопасности пищевых продуктов» 02.01.2000 N 29-ФЗ «фальсифицированные пищевые продукты, материалы и изделия – пищевые продукты, материалы и изделия, которые являются умышленно измененными (поддельными) и (или) имеют скрытые свойства и качество и (или) информация о которых является заведомо неполной и (или) недостоверной» [2]. Молоко и молочная продукция – очень ценные продукты в рационе питания человека. Из-за их фальсификации потребитель не получает весь спектр полезных веществ. Фальсификация продукции имеет глубокие исторические корни, и лишь в последние годы этому явлению стали уделять должное внимание. К сожалению, количество фальсифицированных товаров продолжает увеличиваться, и практически нет ни одной отрасли, где бы не встречались случаи подделок. Производство и реализация продукции регулируется законами, национальными стандартами, техническими регламентами Таможенного союза [3]. Даже наличие наказаний со стороны государства не останавливает недобросовестных производителей дальше подделывать продовольственные товары. И лишь сложность фальсификации объекта может служить гарантией безопасности [4]. Таким образом, разработка мер предотвращения экономически мотивированного мошенничества продукции является актуальной темой, которая требует внимания и усилий со стороны производителей, потребителей, государственных органов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись молочные продукты, открытые интернет-источники, а также ГОСТ Р 72209-2025 «Молоко и молочные продукты. Критерии подлинности».

Методами исследования являлись изучение литературы по тематике исследования, анализ и обобщение изученной информации. Также проведена статистическая обработка данных о фальсификации молочной продукции.

Результаты и их обсуждение

Обеспечение безопасности пищевой продукции является ключевой задачей в сфере управления качеством в пищевой промышленности. Современные покупатели предъявляют строгие требования к качеству и стоимости товаров, а также ассортименту, желая видеть их постоянно на прилавке магазинов на протяжении всего года [5]. Обновление продуктовой линейки и внедрение инновационных технологий приводят к расширению спектра химических соединений, присутствующих в пищевых продуктах. Многие из них добавляются в качестве пищевых добавок в соответствии с рецептурой для улучшения свойств продукции, другие же добавляются нелегально. Другая группа производителей, желая оставаться конкурентноспособными, стремится скрытно модифицировать свойства продукции [6]. Желая извлечь выгоду, недобросовестные производители снижают затраты и прибегают к фальсификации продукции, улучшая показатели продукции низкого качества, чтобы приблизить их к товарам более высокого сорта.

Разберем виды фальсификации товаров на примере молочной продукции:

- ассортиментная (видовая) – замена полностью или частично одного продукта другим, который схож с ним по одному или нескольким признакам. Пример: столовая сметана 20%-й жирности – как сметана «Крестьянская» 18%-й жирности или «Диетическая» 10%-й жирности. Или производство йогуртов путем смешивания молочных жиров с растительными, т.е. на выходе получается молокосодержащий, а не молочный продукт, который производится только из молочных жиров;
- квалиметрическая (качественная) – введение добавок как пищевых, так и не пищевых в продукт для придания определенных качественных свойств продукции. Так же, как и добавление воды в продукты, если производитель добавляет менее 10 % воды, то выявить фальсификат почти невозможно. На бытовом уровне можно проверить разбавленное молоко или нет путем опускания спицы в стакан с молоком, если на спице скатились капельки молока, то это разбавленное молоко [7];
- количественная – обман за счет отклонений в массе, объеме, длине. Пример: вместо заявленных 280 граммов йогурта было 230 граммов;
- информационная фальсификация – искажение информации в маркировке, товаросопроводительной документации, рекламе. Например: на этикетке молока написан процент жирности 3,2, а после проверки выясняется, что молоко обладает 2,5 %;
- стоимостная – продажа низкокачественной продукции по цене продукции высокого качества [8]. Например: продажа йогуртного продукта вместо йогурта. Их отличие заключается в том, что йогуртный продукт подвергается термической обработке после сквашивания, что позволяет продлить срок годности товара, но это ведет и к снижению живых культур.

Чаще всего фальсификация базируется на нескольких видов фальсификации.

8 августа 2025 г. в России вступил в силу новый национальный стандарт – ГОСТ Р 72209-2025 «Молоко и молочные продукты. Критерии подлинности». Этот документ устанавливает критерии и методы определения подлинности и выявляет случаи фальсификации молочной продукции. Согласно новому стандарту производители обязаны применять специальные методики анализа состава продуктов, позволяющие точно определить наличие посторонних компонентов и примесей.

Стандарт определяет единые методы для выявления фальсификации молочной продукции, анализа результатов через специальный алгоритм и установления критериев подлинности. Это позволяет проводить оценку на государственном уровне с использованием проверенных и эффективных подходов [9].

В таблице приведены критерии подлинности сырого молока для оценки подлинности в зависимости от способов фальсификации.

Критерии подлинности сырого молока при различных способах его фальсификации
Criteria for the authenticity of raw milk in various ways of its adulteration

Вид продукции	Оценочный параметр фальсификации	Критерий подлинности
Сырое молоко	Отклонение показателей пищевой ценности	Массовая доля жира. Массовая доля белка. Массовая доля лактозы. Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО). Температура замерзания
	Отклонение по органолептическим показателям	Органолептические показатели
	Использование немолочных видов сырья, добавление немолочных жиров	Жирно-кислотный состав жировой фазы продукта. Триглицеридный состав жировой фазы молока. Наличие фитостеринов (В-ситостерина, кампестерина, стигмастерина и брассикастерина)
	Использование немолочных видов сырья, добавление немолочных белков	Идентификация белков немолочного происхождения
	Фальсификация белковой фракции (использование меламина, мочевины)	Отсутствие меламина, содержание мочевины
	Снижение истинного белка и повышение небелкового азота	Массовая доля истинного белка. Массовая доля небелкового азота
	Изменение соотношения белковых фракций (казеина и сывороточных белков)	Массовая доля белков казеиновой фракции. Массовая доля сывороточных белков
	Наличие соли	Отсутствие соли (хлорида натрия)
	Использование нейтрализующих веществ, раскисление молока	Отсутствие аммиака, перекиси водорода, соды, раскисление молока по определению массовой доли белка (разность значений массовой доли белка, полученных разными методами,

		более 0,2 % свидетельствует о раскислении молока). Титруемая кислотность. Активная кислотность
	Наличие ингибирующих веществ	Отсутствие ингибирующих веществ
	Использование консервантов	Отсутствие внесенных консервантов, содержание нитратов, нитритов
	Подозрение на термическую обработку	Проба на фосфатазу

В результате мониторинга реализации продукции животного происхождения Россельхознадзором постоянно выявляются фальсифицированные продукты питания и нарушения требований технических регламентов на протяжении всего 2025 г. [10]. Так, многочисленные нарушения выявлены в торговых точках сети «Светофор» в Белгородской, Владимирской, Московской, Мурманской областях и Приморском крае. Недобросовестные производители молочной продукции нарушают требования законодательства о необходимости нанесения информации при маркировке о наличии растительных жиров в продукте, что также служит основанием для доначисления налога за использование растительных жиров с 10 до 20 %. Фальсификация растительными жирами была выявлена:

- в сметане ООО «Русмолпродукт» в Белгородской и Липецкой областях;
- сливочном масле ООО «Русмолоко» в Белгородской и Владимирской областях;
- сыре ООО «МК Наласинский» – Республика Татарстан;
- сливках ООО «Молочная жизнь» – Москва.

Также в результате проверки супермаркета «Светофор» были выявлены нарушения условий хранения продуктов, продажа товаров с истекшим сроком годности, а также нарушение прослеживаемости продукции: отсутствие ветеринарных сопроводительных документов или же их наличие, но с истекшем сроком действия. Так, например, сливочное масло ООО «Сливочная страна» произведено из сырья, которое невозможно проследить.

Роль прослеживаемости при производстве продукции

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 22005-2009 «Прослеживаемость в цепочке производства кормов и пищевых продуктов. Общие принципы и основные требования к проектированию и внедрению системы» «прослеживаемость – возможность проследить движение кормов или пищевых продуктов через установленные стадии производства, обработки и распределения» [11].

Принципы системы прослеживаемости должны соответствовать следующим критериям:

1. Верифицируемость: возможность подтверждения достоверности и точности данных.
2. Последовательность и беспристрастность: обеспечение последовательного и объективного применения системы на всех этапах.
3. Ориентация на результаты: достижение конкретных и измеримых результатов в процессе использования системы.
4. Экономическая эффективность: соответствие затрат на внедрение и эксплуатацию системы уровню получаемых выгод.
5. Практичность: удобство и простота использования системы в реальных условиях.
6. Совместимость: интеграция системы с действующими техническими регламентами и

политикой качества организации, а также соответствие установленным требованиям к точности выполнения операций.

Прослеживаемость продукции достигается путем идентификации объекта, а также систематической регистрации данных об идентифицированных объектах на всех этапах производственного процесса, начиная с момента поступления сырья (наличия соответствующей сопроводительной документации, включающей документы о качестве, товарно-транспортные накладные, акты приемки сырья) и заканчивая конечным потребителем. Идентификация продукции является критически важным элементом в обеспечении ее прослеживаемости на протяжении всего жизненного цикла [12]. Прослеживаемость продукции осуществляется как маркировкой каждого товара, так и документально.

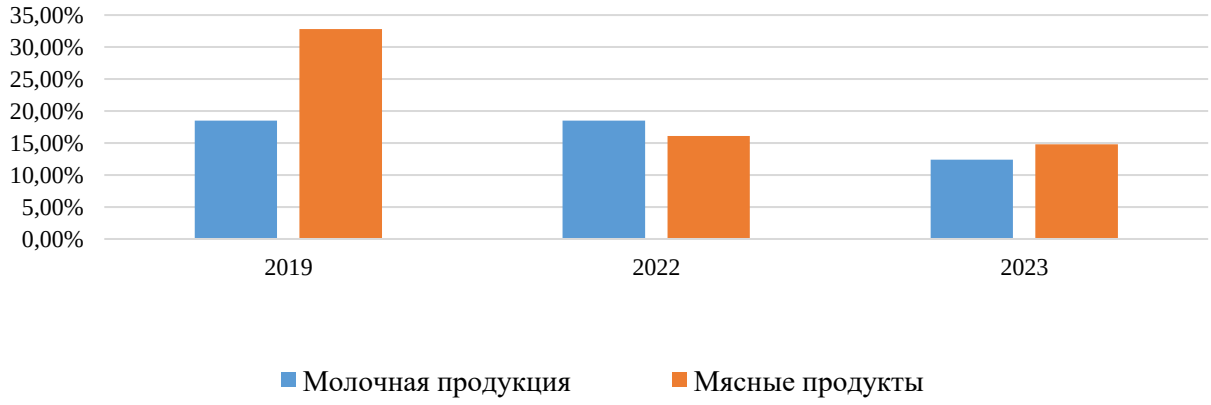
Маркировка продукции может осуществляться путем нанесения на этикетку штрихкодов, которые позволяют идентифицировать товар на протяжении всего производственного цикла. При сканировании штрихкодов можно оперативно получить данные о стадиях производства, задействованных материалах и текущем положении продукта в цепочке поставок.

Оценка эффективности системы прослеживаемости осуществляется на основе её способности оперативно и точно идентифицировать продукты на каждом этапе производственного цикла, обеспечивая непрерывный мониторинг и доступ к актуальной истории продукта. Достижение 100 % прослеживаемости возможно лишь при условии тщательного документирования и маркировки всех производственных операций.

Результаты внедрения системы прослеживаемости

Современные условия жизни диктуют государствам-членам ЕАЭС необходимость разработать мероприятия по цифровизации отраслей экономики. В 2017 г. Высшим Евразийским экономическим советом были разработаны «Основные направления реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года» для цифровой трансформации рынков товаров и услуг, чтобы в дальнейшем обеспечить свободное движение товаров и активному использованию электронной торговли. И одним из первых задач стало создание в рамках ЕАЭС системы прослеживаемости товаров.

В рамках агропромышленной выставки «Золотая осень - 2023» Россельхознадзор заявил, что с внедрением автоматизированной системы хранения ветеринарных сертификатов «Меркурий», которая позволяет отследить качество животной продукции «от поля до прилавка», удалось повысить безопасность и качество продукции и выявить подмены сырья при производстве продукции. Так, в ходе исследования Россельхознадзора было выявлено, что процент несоответствий молочных товаров за 4 года был снижен на 6,1 % – с 18,5–12,4 %, а мясная продукция на 16,7 % – с 32,8–16,1 %. Данные исследования отображены на рисунке.



Процент выявляемости несоответствий по показателям качества. Составлено авторами
Percentage of nonconformity detection by quality indicators. Compiled by the authors

В топ-3 регионов по производству фальсифицированной молочной продукции попала Московская область, Краснодарский и Ставропольский края [13]. Поэтому тема снижения количества несоответствующей продукции всегда остается актуальной.

Так, системы прослеживаемости представляют собой ключевой инструмент для идентификации причин, приводящих к несоответствиям установленным регламентам и стандартам. Они также обеспечивают возможность оперативного аннулирования или отзыва продукции в случае выявления дефектов или нарушений. Внедрение таких систем способствует повышению точности и надежности информации, что, в свою очередь, оптимизирует операционную эффективность и производительность организации. И, как следствие, прозрачность информации о деятельности предприятия становится одной из мер снижения случаев фальсификации продукции.

Применение цифровых технологий в управлении качеством как инструмент предупреждения фальсификации

В соответствии со стандартом ИСО 9001 производитель или поставщик обязан поддерживать методы идентификации продукции на всех этапах с целью обеспечения прослеживаемости продукции [14].

Для облегчения организации прослеживаемости на предприятии можно использовать приложение Q-CHECK, разработанное компанией «Старт качества». Данное инновационное приложение представляет собой комплексный инструмент для автоматизации ведения документации, включающий в себя создание и использование цифровых форм журналов, заполняемых посредством QR-кодов, а также функционал для мониторинга выполнения графика документооборота.

Приложение Q-CHECK обеспечивает высокий уровень стандартизации процессов, что способствует повышению эффективности управления документацией и снижению вероятности возникновения ошибок. Внедрение данного приложения позволяет создать централизованную систему хранения и обработки данных, что значительно упрощает процесс отслеживания и анализа информации. Легкость и быстрота заполнения журналов позволяет обеспечить полную и грамотную прослеживаемость продукции на всех этапах производства. А также благодаря возможности заполнения журналов в режиме реального времени можно оперативно выявлять и устранять возможные задержки и несоответствия.

В версии приложения Q-CHECK для сотрудника ограничены возможности полного использования всех функций программы. Так, сотруднику видны только уведомления о необходимости выполнения работы и непосредственное заполнение журналов, без возможности корректировки показаний. Это также позволяет снизить уровень фальсификации данных и организовать контроль за действиями персонала.

Таким образом, Q-CHECK обеспечивает высокий уровень цифровизации и стандартизации управленческих процессов, что способствует повышению эффективности и прозрачности ведения документации в организациях, что непосредственно способствует обеспечению безопасности пищевой продукции и снижению уровня фальсификации данных и товаров.

Список источников

1. Добаркина В. А., Петиченко А. В. Оценка риска и уязвимости фальсификации // Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 4.

2. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (в редакции Федерального закона от 02.01.2000 г. N 29-ФЗ) (ред. от 07.06.2025) [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс. Электронный фонд правовых и нормативно технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/901751351 (дата обращения : 10.10.2025).

3. Пахомов, С. В. Организационные и правовые механизмы предупреждения фальсификаций пищевой продукции: теоретическое исследование // Всероссийский криминологический

журнал. 2024. № 2. С. 137–148. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_69162822_60068490.pdf.

4. Ковалев, М. М. Фальсификация пищевой продукции, ее экономические последствия // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Йошкар-Ола. 2021. № 8. С. 182–185. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48366133 (дата обращения : 05.10.2025).

5. Мухамедиева З. Б. Качество, безопасность и прослеживаемость в цепи снабжения пищевых продуктов // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журнал. 2020. № 3(69). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-bezopasnost-i-proslezhivaemost-v-tsepi-snabzheniya-pischevyh-produktov/viewer (дата обращения : 12.10.2025).

6. Ветохин С. С. Фальсификация молочных продуктов // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 4. Химия и технология органических веществ. 2008. С. 255–258. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47574720 (дата обращения : 15.10.2025).

7. Попова С. Т., Тулякова Т. В. Новые вызовы и уязвимости при производстве пищевой продукции // Современные направления развития бизнеса: конвергенция, стратегия и новые отраслевые альянсы : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Москва, 17 ноября 2023 года. Москва : ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», 2024. С. 292–296. EDN BBINKX.

8. Абуталиева В. Р. Виды фальсификации товаров и способы борьбы с ней // Международный научный журнал «Символ науки». 2021. № 1. С. 55–58 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vidy-falsifikatsii-tovarov-i-sposoby-borby-s-ney/viewer (дата обращения : 12.10.2025).

9. ГОСТ Р 72209-2025 «Молоко и молочные продукты. Критерии подлинности» (утвержден приказом Росстандарта от 18 июля 2025 года № 772-ст) [Электронный ресурс] // Система нормативных документов. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm_update_30092025/gost-r_gosudarstvennyj-standart/0/gost_r_72209-2025_natsionalnyy_standart_rossiyskoy.html (дата обращения : 10.10.2025).

10. Россельхознадзор. Россельхознадзор продолжает выявлять случаи фальсификации и нарушения прослеживаемости при реализации животноводческой продукции в супермаркетах сети «Светофор». 2025. URL: https://fsvps.gov.ru/news/rosselhoznadzor-prodolzhaet-vyjavljat-sluchai-falsifikacii-i-narushenija-proslezhivaemosti-pri-realizacii-zhivotnovodcheskoj-produkcii-v-supermarketah-seti-svetofor/ (дата обращения : 18.10.2025)

11. ГОСТ Р ИСО 22005-2009 «Прослеживаемость в цепочке производства кормов и пищевых продуктов. Общие принципы и основные требования к проектированию и внедрению системы» (утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 ноября 2009 г. N 502-ст) [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс. Электронный фонд правовых и нормативно технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200075991 (дата обращения : 19.10.2025).

12. Иваницкая Д. А. Идентификация и прослеживаемость // Вестник науки и образования. 2015. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-i-proslezhivaemost/viewer (дата обращения : 19.10.2025).

13. Россельхознадзор. Проблему фальсификации пищевой продукции Россельхознадзор обсудил с деловым сообществом на полях выставки «Золотая осень». 05.10.2023. URL: https://fsvps.gov.ru/news/problemu-falsifikacii-pishhevoj-produkcii-rosselhoznadzor-obsudil-s-delovym-soobshhestvom-na-poljah-vystavki-zolotaja-osen-2023/ (дата обращения : 18.10.2025).

14. ГОСТ Р ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования» (Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. N 1391-ст) [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс. Электронный фонд правовых и нормативно технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200124394 (дата обращения : 18.10.2025).

Сведения об авторах

С. Т. Попова – магистр 2-го курса кафедры «Пищевая безопасность».
Е. В. Крюкова – доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевая безопасность»

Information about the authors

S. T. Popova –2nd-year Master of the Department of Food Safety.
E. V. Kryukova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Safety.

Статья поступила в редакцию 16.11.2025; одобрена после рецензирования 27.11.2025; принята к публикации 02.12.2025.
The article was submitted 16.11.2025; approved after reviewing 27.11.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 74–88.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 664.951 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-08 EDN: GVBQEM

Изменение сенсорных свойств мышечной ткани рыб под влиянием термической обработки краткого интервала времени

Тамара Михайловна Сафронова[1], Екатерина Мироновна Панчишина[2], Виктория Владимировна Кращенко[3]

[1–3] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

[1] tsafronova1933@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8394-2092

[2] ekaterina.pan.8@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5069-0316

[3] victoriy_vl@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8394-2092

Аннотация. Состав и характеристики сенсорных свойств пищевого продукта в значительной мере зависят от сырья и технологии его переработки, в том числе широко используемого процесса термической обработки. В работе исследуется мышечная ткань трех видов рыб рода Макрурусов (Macrourus), сенсорные свойства которой подвергались воздействию термической обработки краткого интервала времени. В эксперименте использованы средние параметры термической обработки: T=100 °C, τ=12 мин, разделенных на интервалы продолжительностью 3 мин. Словесное описание сенсорных свойств объектов исследования предусмотрено в качестве исходной информации, сопровождаемой эмоциональной гедонической оценкой, которую выполняла экспертная группа. Количественная оценка сенсорных свойств проводилась на основе интервальных семибалльных шкал, разработанных авторами для каждого единичного показателя со словесным сопровождением каждого балла. Установленные изменения сенсорных свойств мышечной ткани рыб под влиянием термической обработки краткого интервала времени в целом соответствуют подобным фактам, известным в технологии водных биоресурсов. Частные режимы вызывают изменения сенсорных свойств с индивидуальными различиями, которые появляются в результате: качественных изменений в диапазоне положительная – отрицательная; приобретения, замены или потери единичных показателей; изменения по времени интенсивности основных показателей качества; стационарных периодов (полное сохранение свойств) в пределах эксперимента. Гедоническую оценку можно рекомендовать использовать одновременно с другими видами изучения сенсорных свойств или в критических по времени и кадрам экспертов обстоятельствах.

Ключевые слова: рыбное сырье, сенсорные свойства, словесное описание, гедоническая оценка, термическая обработка

Для цитирования: Сафронова Т. М., Панчишина Е. М., Кращенко В. В. Изменение сенсорных свойств мышечной ткани рыб под влиянием термической обработки краткого интервала времени // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 74–88.

© Сафронова Т. М., Панчишина Е. М., Кращенко В. В., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 74–88.

FOOD SYSTEMS

Original article

Changes in the sensory properties of fish muscle tissue under the influence of short-term heat treatment

Tamara M. Safronova[1], Ekaterina M. Panchishina[2], Victoria V. Kraschenko[3]

[1–3] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

[1] tsafronova1933@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8394-2092

[2] ekaterina.pan.8@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5069-0316

[3] victoriy_vl@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8394-2092

Abstract. The composition and characteristics of the sensory properties of a food product largely depend on the raw materials and processing technology, including the widely used heat treatment process. The paper examines the muscle tissue of three species of fish of the genus Macrourus sensory properties, which were exposed to heat treatment for a short period of time. The average parameters of heat treatment were used in the experiment.: T =100 °C, τ=12 min, divided into intervals of 3 min. A verbal description of the sensory properties of the study objects is provided as initial information, accompanied by an emotional hedonic assessment performed by an expert group. The quantitative assessment of sensory properties was carried out on the basis of seven-point interval scales developed by the authors for each single indicator with verbal accompaniment of each score. The established changes in the sensory properties of fish muscle tissue under the influence of heat treatment of a short time interval generally correspond to similar facts known in the technology of aquatic biological resources. Particular modes cause changes in sensory properties with individual differences that result from: qualitative changes in the positive–negative range; acquisition, replacement, or loss of individual indicators; time-related changes in the intensity of the main quality indicators; stationary periods (complete preservation of properties) within the experiment. Hedonic assessment can be recommended to be used simultaneously with other types of study of sensory properties or in circumstances critical to the time and staff of experts.

Keywords: fish raw materials, sensory indicators, verbal description, hedonic assessment, heat treatment

For citation: Safronova T. M., Panchishina E. M., Kraschenko V. V. Changes in the sensory properties of fish muscle tissue under the influence of short-term heat treatment. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025;74(4): 74–88. (in Russ.).

Введение

Промышленное использование рыбы как ценного объекта в производстве пищевых продуктов сопровождается изменением их качества, в том числе приданием и сохранением во времени сенсорных свойств как традиционных, так и создаваемых аналоговых изделий. На состав и характеристики сенсорных свойств в значительной мере оказывают влияние сырье и технология его переработки, в том числе широко используемые процессы термической обработки.

На основании изложенного в настоящей работе исследуются несколько видов промысловых рыб, сенсорные свойства которых подвергались воздействию термической обработки краткого интервала времени.

Объекты и методы исследования

Исходная информация в работе/статье предусмотрена как словесное описание сенсорных свойств объекта исследования, оценка которого осуществляется по трехуровневой градации единичных показателей, характеризующих цвет, запах, вкус и консистенцию, соответственно оцениваемых органами чувств [1].

Словесное описание сенсорных свойств сопровождали эмоциональной гедонической оценкой (ГО), выполняемой экспертной группой одновременно и по требованиям сенсорных испытаний.

Для установления словесно описанных сенсорных свойств и гедонических характеристик осуществляли количественную оценку с использованием интервальных семибалльных шкал, разработанных авторами для каждого единичного показателя третьего уровня рассмотрения (ЕП-3) со словесным сопровождением каждого балла.

Выбор параметров термической обработки (ТО) объектов исследования (ОИ) осуществлен с учетом значительной вариабельности основных производственных режимов (температура от 20 до 180 °С, продолжительность от 2–7 мин до 3–12 ч), что вызывало широкий спектр изменений в сенсорных свойствах сырой рыбы, и в то же время низкие режимы существенно отражаются на названных выше характеристиках [2].

В эксперименте использованы средние параметры ТО: Т=100 °С, τ=12 мин, разделенных на интервалы продолжительностью 3 мин. В качестве греющей среды использована вода, соответствующая СанПиН 2.13684-21 [3].

Соотношение воды и мышечной ткани сырой рыбы устанавливали по условиям непрерывного кипения воды с порциями рыбы, загружаемыми одновременно и через каждые 3 мин извлекаемыми для своевременной доставки на экспертизу.

Характеристика образцов исследования и условия проведения сенсорных испытаний с участием группы экспертов описаны в материале предшествующей работы [1].

Результаты и их обсуждение

К задаче исследования словесного описания сенсорных свойств (СОСС) в настоящей работе/статье относятся кратковременная (продолжительность 12 мин, интервал 3 мин) термическая обработка ОИ, словесная фиксация характеристик ЕП-3 и анализ полученной информации.

Словесное описание сенсорных свойств Цвета в МТ-С и МТ-ТО включает три разновидности ЕП-3 в позициях 1.1, 1.2 и 1.3 (табл. 1).

Таблица 1

Влияние термической обработки краткого интервала времени на словесное описание Цвета мышечной ткани рыбы

Table 1

The effect of heat treatment of a short time interval on the verbal description of the Color of fish muscle tissue

ТО, мин	ЕП-3		
	1.1. Основной	1.2. Оттенок	1.3. Включения*
Малоглазый макрурус (Мм)			
0	Белёсый	Сильно водянистый	Слегка бежевый
3	Беловатый	Значительно водянистый	Светло-бежевый
6	Белый	Средне водянистый	Бежевый
9	То же	Незначительно водянистый	Светло-коричневый
12	-//-	То же	Коричневый

Черный макрурус (Мч)			
0	Слегка розоватый	Отсутствует	Красный
3	Белый	Слегка бежевый	Серовато-коричневый
6	То же	То же	То же
9	-//-	Бежевый	Бурый
12	-//-	То же	То же
Макрурус неустановленного вида (Мх)			
0	Соломенно-желтый	Отсутствует	Коричневый
3	Желтоватый	Серебристый радужный**	То же
6	Светло-желтый	То же	-//-
9	Желтый	-//-	-//-
12	То же	-//-	-//-

*остатки естественных структур: - темной мускулатуры и подкожного слоя; - на МТ разделанной рыбы, допускаемые НД;
** на поверхности.

Анализируя данные объекта Мм по цвету, установили, что период между сырой и термически обработанной мышечной тканью рыбы (МТ-С и МТ-ТО) в течение 3 мин во всех ЕП-3 (позиции 1.1, 1.2, 1.3) за небольшим исключением меняет первостепенное значение цвета: 1.1 и 1.3 – в сторону увеличения соответственно Основного и Включений в различных направлениях – положительном и отрицательном качестве. Позиция 1.2 иллюстрировала постепенное снижение от сильно водянистой до низкой. Позиции 1.1 и 1.2 отличались образованием стационарного периода (СП) длительностью от 6 до 12 мин и от 9 до 12 мин соответственно. СП свидетельствуют об устойчивости мышечной ткани на указанных периодах к процессу ТО.

У объекта исследования Мч изменяется характер первого этапа процесса ТО (0–3 мин), однако отличительно между составляющими ЕП-3. Позиция 1.1 прошла изменение Основного цвета за период от 0 до 3 мин – от слегка розового до белого и, начиная с позиции 6 мин, сохраняет СП до 12 мин. Позиция 1.2 отличная тем, что в МТ-С Оттенок отсутствовал, а через 3 мин процесса ТО приобретал светло-бежевый оттенок, затем бежевый до образования СП от 6 до 12 мин. Позиция 1.3, пройдя изменения от красного до коричневого, образовала значительной продолжительности СП (6–12 мин).

Различным поведением отличаются позиции в образце Мх: 1.1 оставался неизменным от 0 до 6 мин, что не встречалось в подобных ситуациях, после чего устанавливался СП с 9 до 12 мин ТО. Позиция 1.2, отсутствующая в МТ-С, через 3 мин процесса ТО приобрела серебристый радужный высокой устойчивостью к ТО (3–12 мин). Позиция 1.3 имеет от 0 до 12 мин одну оценку – коричневый цвет включений, что также не встречалось в анализе других объектов.

Межвидовое сравнение Мм, Мч и Мх имеет выраженные различия, обусловленные в первую очередь внутривидовым расхождением, которые позволяют отметить большую сходимость между Мм и Мч и существенное различие их с Мх.

Запах в настоящей работе представлен двумя ЕП-3: Характерным и Сопутствующим (табл. 2).

Таблица 2

Влияние термической обработки краткого интервала времени на словесное описание Запаха мышечной ткани рыбы

Table 2

The effect of heat treatment of a short time interval on the verbal description of the Smell of fish muscle tissue

ТО, мин	ЕП-3	
	2.1. Характерный	2.2. Сопутствующий
Малоглазый макрурус (Мм)		
0	Рыбный* едва уловимый	Отсутствует
3	Рыбный** слабо выражен	Креветочный; Сладковатый
6	Рыбный слабо выражен	То же
9	Рыбный достаточно выражен	-//-
12	Рыбный ярко выражен	-//-
Черный макрурус (Мч)		
0	Рыбный едва уловимый	Отсутствует
3	Рыбный слабо выражен	Вареных тресковых рыб
6	Рыбный слабо выражен	То же
9	Рыбный средне выражен	-//-
12	То же	-//-
Макрурус неустановленного вида (Мх)		
0	Рыбный чрезмерно выражен	Кисловатый; Щиплющий
3	Рыбный интенсивно выражен	Вареных тресковых рыб
6	То же	То же
9	Рыбный слабо выражен	-//-
12	То же	-//-

*рыбный, характерный для сырой МТ; **рыбный, характерный для ТО МТ.

Данные ОИ Мм в позиции 2.1 свидетельствуют о функционировании термина «рыбный», который различается как Запахи МТ-С и МТ-ТО. Запахи фигурируют от слабого до ярко выраженного. Позиция 2.2 в МТ-С не содержит сопутствующего запаха, а после 3 мин процесса ТО появилось две характеристики одновременно – креветочный и сладковатый, которые, как редкий случай, образуют СП от 3 до 12 мин ТО.

Позиция 2.1 Мч близко подобна соответствующей позиции Мм, однако отличительной чертой в этом случае становится СП, имеющий меньшую продолжительность – всего от 9 до 12 мин. Позиция 2.2 в Мч повторяет специфику изменения характеристик позиции 2.2 Мм и их продолжительность от 3 до 12 мин. Между ОИ Мм и Мч отмечены близкие по характеру изменения под действием процесса ТО.

Мх в позиции 2.1 повторил в большей степени Рыбный запах. В позиции 2.2 после 3 мин ТО замена сопутствующего запаха и образование СП.

Словесное описание сенсорных свойств Вкуса в МТ-С и МТ-ТО складывается на третьем уровне градации и включает четыре разновидности ЕП-3 (табл. 3).

Таблица 3

Влияние термической обработки краткого интервала времени на словесное описание Вкуса мышечной ткани рыбы

Table 3

The effect of heat treatment of a short time interval on the verbal description of the taste of fish muscle tissue

ТО, мин	ЕП-3			
	3.1. Характерный	3.2. Классический	3.3. Сравнения	3.4. Обобщенный
Малоглазый макрурус (Мм)				
3	Рыбный* слабо выражен	Сладковатый	Палтус синекорый ТО	Средний
6	То же	Едва сладковатый	То же	Хороший
9	-//-	То же	-//-	То же
12	-//-	-//	-//-	Средний
Черный макрурус (Мч)				
3	Рыбный слабо выражен	Слегка сладковатый	Тресковые рыбы ТО	Хороший
6	То же	Отсутствует	То же	То же
9	-//-	То же	-//-	-//-
12	Отсутствует	-//-	Отсутствует	-//-
Макрурус неустановленного вида (Мх)				
3	Рыбный очень слабый	Легкая кислинка	Аналог не известен	Удовлетворительный
6	Отсутствует	Отсутствует	То же	Отрицательный
9	То же	То же	-//-	То же
12	-//-	-//-	-//-	-//-

*полное описание термина «рыбный» обозначает в том числе «характерный МТ-ТО».

ОИ Мм позиции 3.1 представляет собой однообразный СП, продолжающийся от 3 до 12 мин, что свидетельствует об устойчивости, рассматриваемой МТ-ТО против изменения сенсорных свойств во Вкусе. Позиция 3.2 посредством снижения интенсивности ЕП-3 в начальный период процесса ТО от 6 до 12 мин оставалась в виде СП. Позиция 3.3 содержала неизменными характеристики в течение всего экспериментального периода термообработки – от 3 до 12 мин, однозначно свидетельствует о редко встречаемой устойчивости против ТО. В отличие от предыдущих, позиция 3.4 Обобщающий вкус меняла характеристику по трапецеидальной кривой: в начальный период ТО подъем качества до хорошего, длящийся в СП 6 мин, и последующее возвращение к среднему качеству.

Мч, как ОИ Вкуса, в позиции 3.1 образовал СП продолжительностью от 3 до 12 мин, что свидетельствует о высокой сопротивляемости к изменению сенсорных свойств в рассматриваемой ситуации. Позиция 3.2 от 3 до 6 мин описана как слегка сладковатая, затем от 6 до 12 мин – СП; позиция 3.3 от 3 до 9 мин представляет СП, от 9 до 12 мин – отсутствие характеристики, что представляет разнообразные изменения и стабильность вместе взятые. У позиции 3.4 однородный СП продолжительностью от 3 до 12 мин с сохранением хорошего качества.

ОИ Мх обладает отличительными изменениями в сенсорных характеристиках. Позиции 3.1, 3.2 и 3.4 близко подобны – в первой половине процесса ТО уменьшение интенсивности ЕП, затем от 6 до 12 мин оценки отсутствуют, что также можно отнести к длительному СП. Позиция 3.3 описывает ЕП как «аналог неизвестный» на всем периоде процесса ТО. Если не принимать во внимание наличие большинства отрицательных сенсорных свойств Вкуса, то Мх можно характеризовать как устойчивый против процесса ТО объект. Устойчивость к ТО и

своеобразие сенсорных свойств значительно отличают Мх во Вкусе от Мм и Мч, где они близко подобны по внутривидовым показателям.

В данном случае Консистенция отличается от Цвета, Запаха и Вкуса превосходящим количеством характеризующих ее свойств, выраженных словесно (табл. 4).

Таблица 4

Влияние термической обработки краткого интервала времени на словесное описание Консистенции мышечной ткани рыбы

Table 4

The effect of heat treatment of a short time interval on the verbal description of the consistency of fish muscle tissue

ТО, мин	ЕП-3			
	4.1.Преобладающая	4.2.Визуальная	4.3.Сравнения	4.4. Деформации
Малоглазый макрурус (Мм)				
0	Нежная; Плотноватая	Однородная; Значительно водянистая	Сырого палтуса синекорого	Расползающаяся самопроизвольно; Отделяется прозрачная тканевая жидкость
3	Очень нежная; Плотноватая	Однородная; Водянистая	Вареного палтуса синекорого	Распадающаяся на крупные миосепты самопроизвольно; Отделяется прозрачный бульон
6	Очень нежная; Достаточно плотная	Несколько волокнистая; Несколько водянистая	Вареного палтуса синекорого	Разделяющаяся на крупные миосепты**
9	То же	Мелковолокнистая; Слегка водянистая	То же	То же
12	Очень нежная; Плотноватая	То же	-//-	-//-
Черный макрурус (Мч)				
0	Относительно плотная	Однородная; Мало водянистая	Тресковых рыб сырых	Незначительно расслаивающаяся на миосепты**
3	Достаточно плотная; Средней сочности	Крупноволокнистая	Тресковых рыб вареных	Разделяющаяся на миосепты**
6	Плотноватая; Средней сочности	То же	То же	Разделяющаяся полностью на миосепты**
9	Плотная; Слегка суховатая	-//-	-//-	Распадающаяся на волокна*[3]; Ощущение мелких опилок*[4]
12	Плотная; Суховатая	-//-	-//-	То же
Макрурус неустановленного вида (Мх)				
0	Несколько плотноватая; Сухая	Пористая	Старой сырой трески	Пружинистая**; Плохо поддается разрушению

3	Уплотненная; Суховатая; Несколько резинистая*	Съежившаяся*[5]	Вареного гребешка	Крошащаяся на игольчатые волокна*[3]; Ощущение мелких опилок*[4]
6	Плотная; Сухая; Несколько резинистая	То же	То же	То же
9	-//-	-//-	-//-	-//-
12	Плотная; Сухая; Резинистая	-//-	-//-	-//-

*термин «резинистость» определяется при нажатии; **при нажатии столовым прибором (вилкой) под углом 45°; *[3]при растирании между пальцами; *[4]при разжевывании; *[5]сжавшаяся.

ОИ Мм позиции 4.1 включает две характеристики – нежная и плотная – как самостоятельные единицы, сочетание которых в одном источнике встречается редко. Характеристика «нежная» сохранилась на этапе перехода от МТ-С в МТ-ТО и от 3 до 12 мин оставалась «очень нежной», что позволяет отнести ее к устойчивым при постоянном процессе ТО и образует продолжительный СП. Характеристика «плотная», переходящая в «достаточно плотную», составляет СП от 6 до 9 мин. Позиция 4.2 Визуальная включает характеристики «однородная» и «значительно водянистая», первая из которых после периода 0–6 мин заменена «несколько волокнистой» и от 9 до 12 мин, образуя кратковременный СП. Характеристика «водянистость» изменилась за счет снижения интенсивности от 0 до 6 мин, образуя на последнем этапе СП. Сравнение (позиция 4.3) разделяется на два неравных временных периода: от 0 до 3 «сырой палтус» и от 3 до 12 мин «вареный палтус», представляющий длительный СП. Позиция 4.4 Деформация объединяет характеристики структуры «отделение жидкости» как вторая характеристика, изменяющаяся от 0 до 6 мин, переходя к постоянному состоянию от 6 до 12 мин, образуя СП.

Мч в позиции 4.1 сырая МТ включает одну характеристику – «относительно плотная», повышающаяся по интенсивности от 0 до 6 мин и образующая СП в состоянии «плотная» с 9 до 12 мин. В этой же позиции вторая характеристика «средняя сочность» после 3 мин ТО образует СП (от 3 до 9 мин), после чего идут замещения от «слегка суховатой» до «суховатой». Подобные замещения от 0 через «сочность» разной интенсивности до «суховатой» проходят период изменений от 3 до 12 мин. Позиция 4.2 иллюстрирует «однородность» и «малую водянистость» от 0 до 3 мин, т.е., характеризуя МТ-С, затем теряют их от 3 до 12 мин и переходят на постоянный термин «крупноволокнистая» и образование СП, что говорит о резкой перемене характеристик от МТ-С до МТ-ТО, совершенно не изменившей этого сенсорного свойства. Позиция 4.3 Мч полностью аналогичная с образцом Мм, расхождение имеется только в образце сравнения. Позиция 4.4 характеризует уровень деформации в период от 0 до 6 мин, после чего образует СП (6–12 мин), где дополняет второй характеристикой «ощущение мелких опилок».

Мх позиция 4.1: как и в предыдущих исследованиях, находятся расхождения между Мх и двумя другими объектами исследований – Мм и Мч. В трехминутный переход от МТ-С до МТ-ТО свойства «несколько плотноватая» и «сухая» дополняют третьей характеристикой – «несколько резинистая», образующая от 6 до 9 мин СП, на последнем этапе все характеристики сохраняются в виде словесных описаний «плотная», «сухая» и «резинистая». Такая ситуация может быть отнесена к примеру многоступенчатых изменений интенсивности трех характеристик в позиции 4.1. Позиции 4.2 Визуальная и 4.3 Сравнения проявляют между собой

схожее поведение характеристик как в период перехода из состояния МТ-С в МТ-ТО (длительность процесса 3 мин), так и постоянства СП в период от 3 до 12 мин. Позиция 4.4 аналогична позициям 4.2 и 4.3, за исключением наличия в ней двух характеристик. В Консистенции Мх в целом различается с Мм и Мч моментом перехода от МТ-С к МТ-ТО, где происходящие перемены в интенсивности характеристик, появлением через 3 мин ТО новых сенсорных свойств.

Гедоническая оценка эмоционального характера отличается от СОСС сырья и продукции ограниченным количеством используемых лексических единиц, не относящихся к описанию результата, полученного от органов чувств (табл. 5).

Таблица 5

Влияние термической обработки краткого интервала времени на гедоническую оценку мышечной ткани рыбы

Table 5

The effect of heat treatment of a short time interval on the hedonic assessment of fish muscle tissue

ТО, мин	Цвет	Запах	Вкус	Консистенция
Малоглазый макрурус (Мм)				
0	Приятный	Приятный	–	Приятная
3	То же	То же	Довольно приятный	То же
6	-//-	-//-	Приятный	Не очень приятная
9	-//-	-//-	То же	То же
12	-//-	-//-	Довольно приятный	-//-
Черный макрурус (Мч)				
0	Приятный	Приятный	–	Приятная
3	То же	То же	Приятный	Очень приятная
6	-//-	-//-	Приятный	То же
9	-//-	-//-	Довольно приятный	Средне приятная
12	-//-	-//-	То же	Не очень приятная
Макрурус неустановленного вида (Мх)				
0	Малоприятный	Неприятный	-	Средне приятная
3	То же	То же	Не приятный	То же
6	-//-	-//-	То же	Не приятная
9	-//-	Малоприятный	-//-	То же
12	-//-	-//-	-//-	-//-

ГО Цвета кратко иллюстрирует его как приятный в ОИ Мм и Мч, который остается неизменным от 0 до 12 мин процесса ТО и представляет продолжительный СП. Аналогично Цвету характеризуется и Запах Мм и Мч. Образец Мх отличается от рассмотренных выше Мм и Мч более низкой оценкой Цвета – малоприятный, который остается неизменным в течение всего периода эксперимента, образует СП, что свидетельствует от устойчивости Цвета Мх. Запах Мх оценен как неприятный в течение от 0 до 6 мин, составляя недлительный СП, который с 9

до 12 мин характеризуется как малоприятный, что можно отметить как положительное в небольшой мере влияние процесса ТО на ГО.

Оценка Вкуса, начинающаяся с 3 мин в ОИ, представляет ряд меняющихся во времени характеристик: Мм – довольно приятный – дважды приятный и возврат к довольно приятному; Мч оценка близка к Мм, а Мх имеет неприятный Вкус в течение от 3 до 12 мин и образует СП отрицательного характера.

Консистенция у Мм, Мч и Мх в ГО меняет характер в пределе 2–3 раз за период от 0 до 12 мин. Мм описан как приятный в течение 6 мин, не очень приятным далее до 12 мин. Мч оценен гораздо выше по качеству – приятная от 0 до 3 мин, очень приятная с 3 до 6 мин, затем средне приятная и не очень приятная, что представляет пример быстрой перемены качества по времени с переходом от максимальной в середине процесса ТО до низкой в конце. Мх от средне приятной оценки в течение от 0 до 6 мин снижает качество под воздействием ТО до неприятного, который остается до конца эксперимента неизменным, представляя средней продолжительности СП.

Следует отметить, что ГО, процесс выполнения которой намного менее сложный и короче по времени, позволяет получать достаточно подробные полезные сведения.

Количественная оценка изменения интенсивности изучаемых единичных показателей в зависимости от влияния термической обработки краткого интервала времени мышечной ткани рыбы выражена графически и приведена на рис. 1–5.

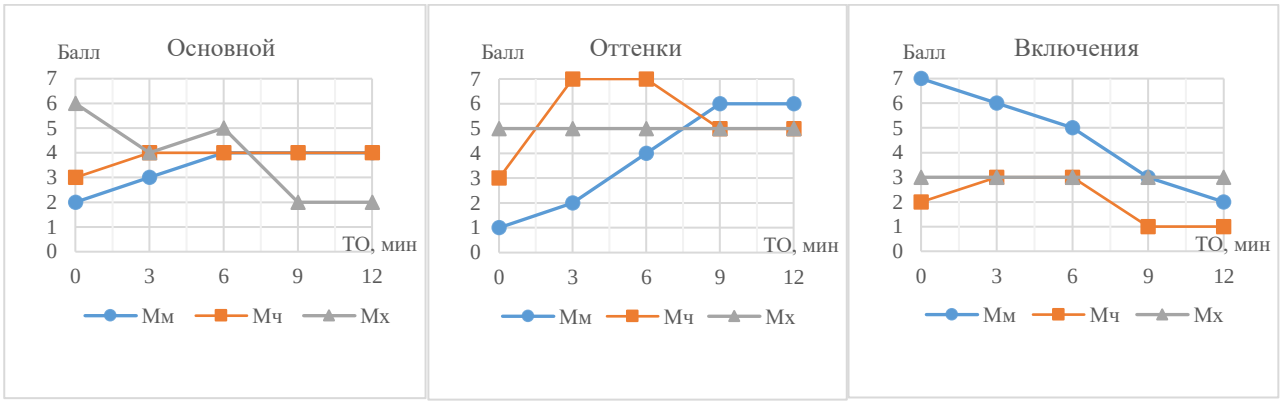


Рис. 1. Влияние термической обработки краткого интервала времени на количественную оценку Цвета мышечной ткани рыбы, балл. Составлено авторами

Fig. 1. The effect of heat treatment of a short time interval on the quantitative assessment of the color of fish muscle tissue, score. Compiled by the authors

Цвет основной в исходной позиции занимает у ОИ Мм и Мч уровень 2 и 3 балла соответственно, у Мх – на уровне 6 баллов. По истечении 3 мин ТО все три ОИ переместились к уровню 4 балла, Мм – через 6 мин, Мч – через 3 мин, Мх – по сложной зигзагообразной кривой снижается на уровень 2 баллов, занимая кратковременное стационарное положение от 9 до 12 мин. Образовавшийся период стабильности при величине 4 балла оставался неизменным для Мм в течение от 6 до 12 мин, а Мч – от 3 до 12 мин, занимая практически более половины продолжительности технологического процесса ТО, что свидетельствует об устойчивости мышечной ткани рыб Мм и Мч.

Оттенки Цвета в исходной графической позиции занимают (в баллах) 1 – Мм, 3 – Мч и 5 – Мх, при этом кривая Мх остаётся в горизонтальном положении в течение 12 мин, проявив устойчивость к ТО. ОИ Мм и Мч, преодолевая разнонаправленные изменения цвета оттенков одновременно с 9 до 12 мин обладали постоянным цветом оттенков с оценкой 5 баллов, что позволяет отметить положительное влияние ТО в рассматриваемой ситуации.

Цвет включения характеризовался наличием постоянного периода от 0 до 12 мин на уровне 3 балла у Мх и недолговременного периода от 3 до 6 мин у Мч. Включения проявили неустойчивость к перемене балльных оценок Мм, в меньшей степени Мч.

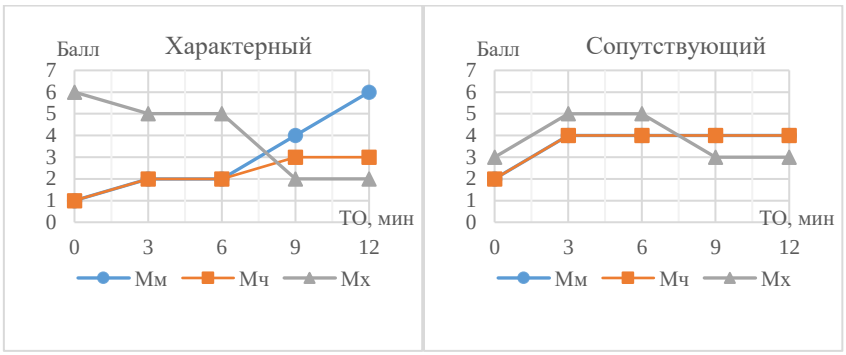


Рис. 2. Влияние термической обработки краткого интервала времени на количественную оценку запаха мышечной ткани рыбы, балл. Составлено авторами

Fig. 2. The effect of heat treatment of a short time interval on the quantitative assessment of the smell of fish muscle tissue, score. Compiled by the authors

Запах, характерный у двух ОИ – Мм и Мч, находится от исходной позиции (1 балл) до 6 баллов, совместно образуя период стабильности с 3 до 6 мин, после чего Мм по прямой достигает 6 баллов, а Мч через 3 мин процесса ТО поднимается до 3 баллов и остается неизменно в этой зоне с 9 до 12 мин. ОИ Мх в исходном периоде оценивается в 6 баллов качества и, регулярно спускаясь, образует два периода стабильности – при 5 баллах в течение от 3 до 6 мин и в 3 баллах – с 9 до 12 мин, подобно Мч. У этих двух ОИ прерывистые два периода стабильности возникали через 3 мин перемены их качественной оценки.

Сопутствующий Запах отличается скученностью оценок ОИ между 2 и 4 баллами в течение всего периода ТО с образованием двух периодов стабильности – Мм и Мч в течение 9 мин. У Мх 3 наблюдалось повышение качественной оценки с 3 до 5 баллов в периоды 0–3 мин и ее снижение от 5 до 3 баллов с 6 до 12 мин.

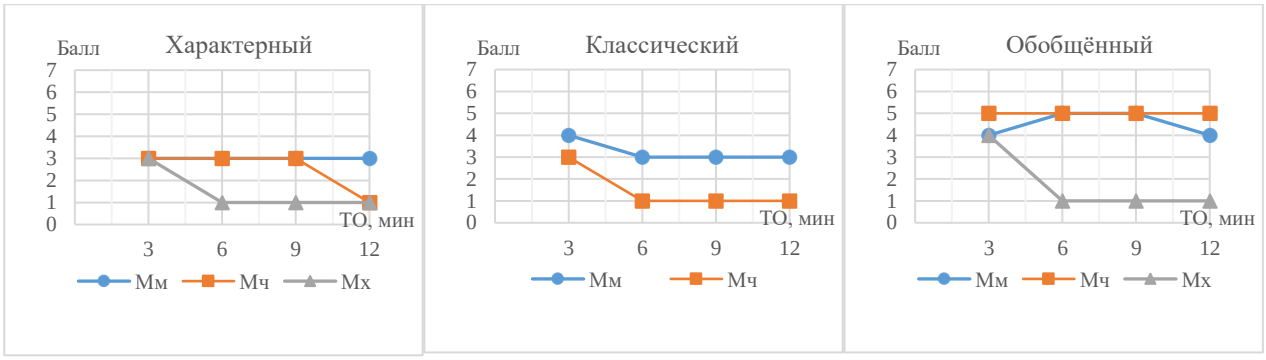


Рис. 3. Влияние термической обработки краткого интервала времени на количественную оценку Вкуса мышечной ткани рыбы, балл. Составлено авторами

Fig. 3. The effect of heat treatment of a short time interval on the quantitative assessment of the taste of fish muscle tissue, score. Compiled by the authors

Исходная позиция качественной оценки Вкуса начинается с точки 3 мин длительности процесса ТО.

Вкус, характерный ОИ Мм и Мч, одновременно с 3 до 12 мин при одной оценке качества (3 балла) оставался стабильным, что свидетельствует об его устойчивости. ОИ Мх в период с 3 до 6 мин процесса ТО снижает качество до минимального (1 балл), продолжая оставаться при этой оценке в стабильном периоде до окончания ТО.

Классический Вкус представлен ОИ двух видов – Мм и Мч, поскольку Мх не содержит этого ЕП-3. Мм и Мч проявили абсолютное однообразие по форме кривых со стабильностью

в период от 6 до 12 мин включительно. Оба вида отличаются в период от 3 до 6 мин, когда Мм снижает оценку до 3 баллов, а Мч – до 1 балла, свидетельствуя об отрицательном влиянии ТО за это время.

Вкус полуколичественной оценки указывает на изменения качества по времени: у ММ представлена трапецеидальной кривой, где качество в исходном периоде повышается на один балл, остается в стабильном состоянии с 6 до 9 мин и возвращается из конца к начальной оценке в 4 балла. Мч оставалась неизменной в течение всего периода ТО, имея оценку 5 баллов. ОИ Мх в первый период ТО – с 3 до 6 мин исключительно резко снизил оценку с 5 до 1 балла, проявляя существенное влияние ТО. С 6 до 12 мин Мх оставался в состоянии стабильности.

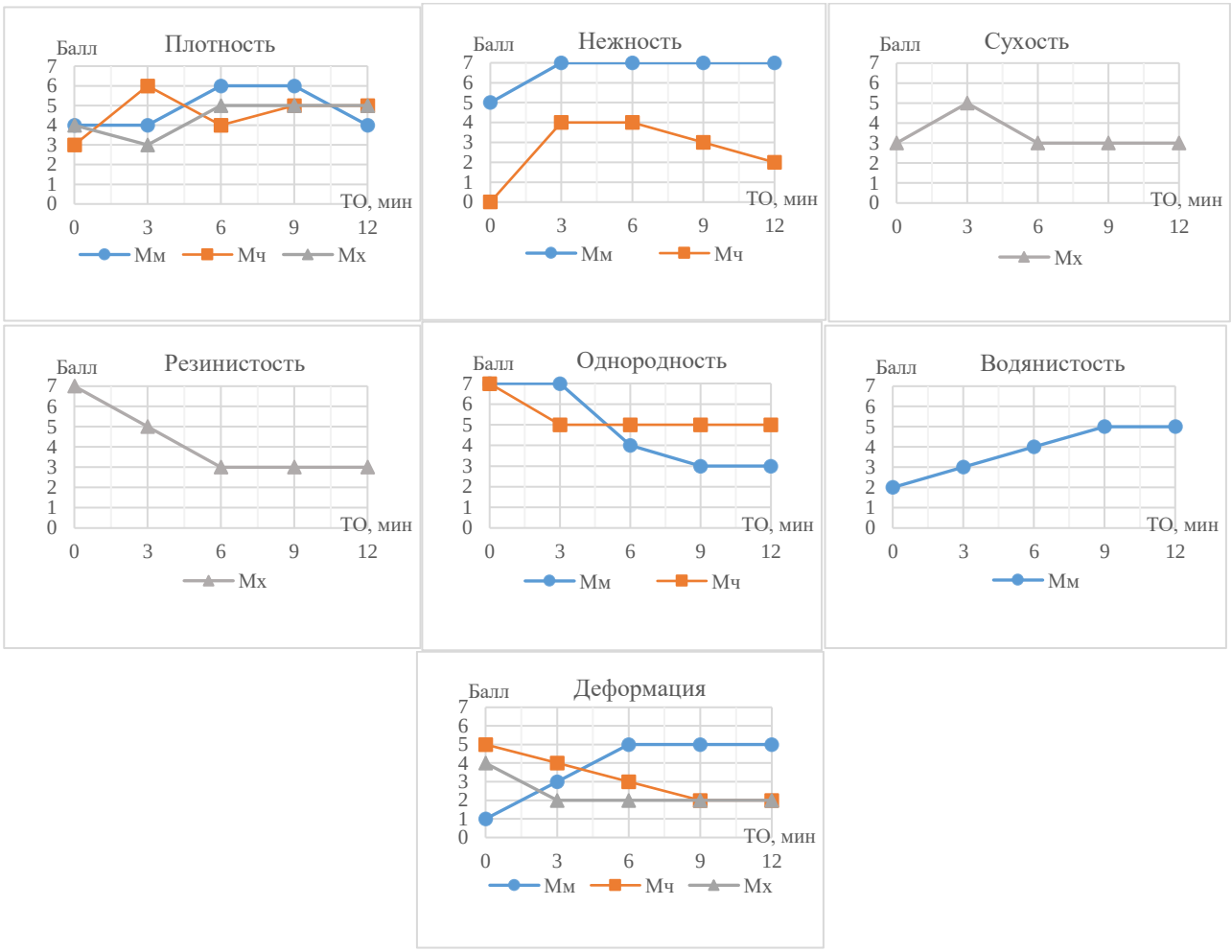


Рис. 4. Влияние термической обработки краткого интервала времени на количественную оценку Консистенции мышечной ткани рыбы, балл. Составлено авторами
Fig. 4. The effect of heat treatment of a short time interval on the quantitative assessment of the consistency of fish muscle tissue, score. Compiled by the authors

Преобладающая составляющая содержит плотность, нежность, сухость и резинистость. В исходной позиции Мм и Мх обладают 4 баллами, Мч – 3, затем ОИ практически через каждые три минуты ТО меняют балльную оценку. В дальнейшем, оставаясь в пределах качества 3–5 баллов, ОИ образуют стационарные периоды: Мм от 6 до 12 мин, Мч от 9 до 12 и Мх от 6 до 12 мин, что свидетельствует об устойчивости ОИ к ТО в конце процесса.

Нежность относится к Мм и Мч, при этом в начальный период (0–3 мин) только в Мм входила она. Оба вида рыб образуют стационарные периоды: Мм с 3 до 12, Мч с 3 до 6 мин.

Мх оценивается сухостью и резинистостью, которые обнаружены в сырой мышечной ткани и содержались до конца процесса ТО, образуя стационарные периоды: сухость от 0 до 12, что является единственным примером всего периода ТО в настоящей работе, а резинистость – с 6 до 12 мин.

Визуальность в Консистенции представлена однородностью поверхности ОИ мышечной ткани Мм и Мч, имеющих исходную оценку качества по 7 баллов, а в позиции 0 – 3 мин (Мм) и 9–12 мин, кроме того, от 3 до 12 мин (Мч), образуют стационарные периоды. Водянистость, характерная сырой мышечной ткани Мм, повысила качество до 5 баллов, образуя стационарный период с 9 до 12 мин.

Деформация как сенсорная оценка характерна всем исследуемым рыбам: Мм в период 0–6 мин повысил качество до 5 баллов, образуя после стационарный период с 6 до 12 мин; Мч и Мх снизили качество с 5 и 4 баллов до 2 соответственно и перешли в стационарный период от 3 до 12 мин (Мх) и от 9 до 12 (Мм), иллюстрируя устойчивость к ТО обоих ОИ.

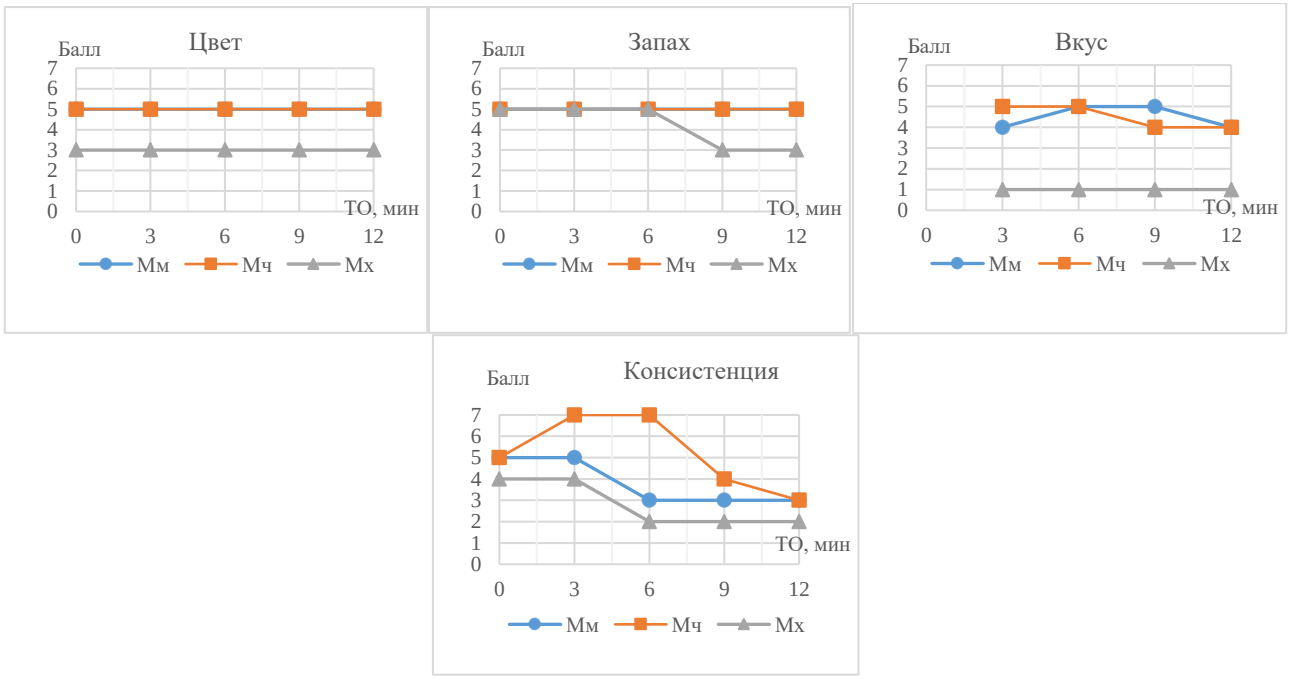


Рис. 5. Влияние термической обработки краткого интервала времени на ГО мышечной ткани рыбы, балл. Составлено авторами

Fig. 5. The effect of heat treatment of a short time interval on the quality of fish muscle tissue, score. Compiled by the authors

ГО Цвета занимает интервал от 3 до 5 баллов шкалы в течение всего периода ТО.

ГО Запаха в баллах характерна однородностью для всех ОИ, образующих при 5 баллах три неизменных позиции 0 до 12 мин, исключая Мх, у которого период стабильности прерывался с 6 до 9 мин и вновь восстанавливался на конечном этапе ТО.

ГО Вкуса близко подобна по всем показателям балльной оценки: совпадают области расположения ОИ, места образования периодов стабильности и количество баллов у каждого. Исключением остаются первоначальное место расположения Мм в области 1 балла, что увеличило продолжительность стационарного периода на 3 мин и переход Мч на прерывистое его образование.

В ГО Консистенции в первый период (0–3 мин) образуются стационарные периоды при балльности 4 и 5 (Мм и Мх), а с 6 до 12 мин при оценке 3 и 2 балла эти же объекты не меняли свои параметры. Мч отличался от Мм и Мх первоначальным ростом качества (за период 0–3 мин с 5 до 7 баллов), последующим недолговременным стационарным периодом и во времени

от 6 до 12 мин падением качества до 3 баллов. Данные ГО Консистенции свидетельствуют об оригинальности двухразового одновременного образования стационарности.

Количество стационарных периодов (СП), образующееся во время ТО при использовании оценки балльными шкалами (табл. 6), отличается в зависимости от вида сенсорных показателей, принадлежности к определённому ОИ и способа оценки – словесной описательной или гедонической.

Таблица 6

Сравнительное количество СП, образованных при балльной оценке сенсорных свойств и ГО

Table 6

Comparative number of stationary periods formed by scoring sensory properties and hedonic assessment

ЕП-2	Малоглазый макрурус	Черный макрурус	Макрурус неустановленного вида	Σ
Сенсорные свойства				
Цвет	1	1	3	5
Запах	2	3	3	8
Вкус	3	3	2	8
Консистенция	6	4	4	14
Сумма	12	11	12	35
Гедоническая оценка				
Цвета	1	1	1	3
Запаха	1	1	1	3
Вкуса	1	2	1	4
Консистенции	2	1	2	5
Сумма	5	5	5	15

Порядок расположения сенсорных показателей в табл. 6 совпадает с ростом количества СП – от 1 единицы у цвета до 6 у консистенции Мм, до 4 у Мч и у Мх – беспорядочно. У всех цифровых данных ГО, исключая консистенцию, при использовании балльных шкал, между Мм, Мч и Мх равнозначны. Суммарные значения СП, общие для ОИ, возрастают у сенсорных показателей от цвета – 5 единиц, до 14 – у консистенции, у ГО – от 3 до 5 соответственно. В целом ГО составляет от сенсорных показателей по количеству СП 43 %. Таким образом, ГО можно рекомендовать использовать одновременно с другими видами изучения сенсорных свойств или в критических по времени и кадрам экспертов обстоятельствах.

Заключение

Установленные изменения сенсорных свойств мышечной ткани рыб под влиянием термической обработки краткого интервала времени в целом соответствуют подобным фактам, известным в технологии водных биоресурсов.

Частные режимы вызывают изменения сенсорных свойств с индивидуальными различиями, которые появляются в результате: качественных изменений в диапазоне положительная – отрицательная; приобретения, замены или потери единичных показателей; изменения по времени интенсивности основных показателей качества; стационарных периодов (полное сохранение свойств) в пределах эксперимента.

Индивидуальные значения изменений сенсорных свойств зависят дополнительно от биологического вида объекта исследования, обладающих разным количеством различий и схождений.

Список источников

1. Исследование видового различия сенсорных показателей рыбного сырья на примере рода Макрурусов / Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина, Ю. В. Карпенко, В. В. Кращенко // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 73, № 3. С. 45–61. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2025-73-04.

2. Сенсорный анализ продуктов переработки рыбы и беспозвоночных: учеб. пособие / Г. Н. Ким, И. Н. Ким, Т. М. Сафронова, Е. В. Мегеда. Санкт-Петербург : Лань, 2014. 512 с.

3. СанПиН 2.13684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий [Электронный ресурс]. URL: https://www.google.com/search?q=СанПиН+2.1.3684-21

Сведения об авторах

Т.М. Сафронова – доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0001-8394-2092.

Е. М. Панчишина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-5069-0316.

В. В. Кращенко – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Пищевая биотехнология», ORCID: 0000-0001-8394-2092.

Information about the authors

T. M. Safronova – Doctor of Technical Sciences, Professor, ORCID: 0000-0001-8394-2092.

E. M. Panchishina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-5069-0316.

V. V. Krashchenko – PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Food Biotechnology, ORCID: 0000-0001-8394-2092.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 17.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 89–99.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 637.344.053.4:664.292.4 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-09 EDN: GXJADW

Исследование динамики, научное обоснование гипотезы о механизме удаления влаги и оптимизация режимов микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра

Егор Геннадьевич Тимчук
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
timchuk.eg@dgtru.ru; ORCID: 0000-0003-2473-2081

Аннотация. Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года направляет пищевые предприятия к увеличению их конкурентоспособности. Применение воздействия волнами сверхвысокой частоты на полутвердый сыр под вакуумом позволяет изготовить новый конкурентоспособный сушеный продукт с пористой структурой хрупкой консистенцией. В ходе исследования проведен анализ динамики варьирования массовой доли влаги полутвердого сыра в процессе его вакуумно-микроволновой сушки. Под действием магнитного поля сверхвысокой частоты под вакуумом влага из обрабатываемых изделий удаляется с высокой скоростью, разрывая казеиновую матрицу полутвердого сыра и образуя пористую структуру. Выдвинута гипотеза о механизме этого явления, состоящая в накоплении нестабильности «белковой матрицы» казеина сыра под действием микроволн сверхвысокой частоты и давления перегретой жидкости с последующим быстрым образованием пара такой силы, что ведет к разрыву казеиновой «белковой матрицы» с образованием пористой структуры. Определены оптимальные и рациональные параметры вакуумно-микроволновой сушки полутвердого сыра методом ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента. В эксперименте варьировалась продолжительность сушки от 8 до 12 мин с интервалом варьирования в 2 мин и доля задействования мощности магнетрона от 30 до 70 % с интервалом варьирования в 20 %. Оптимум как экстремум полученной функциональной зависимости составил следующие значения: продолжительность сушки 10 мин, доля задействования мощности магнетрона 50 %. Рациональные параметры как наиболее близкая область к перегибу поверхности отклика полученной функциональной зависимости варьировались следующим образом: продолжительность сушки 9,5–10,5 мин, доля задействования мощности магнетрона 45–55 %.

Ключевые слова: динамика сушки, механизм вакуумной микроволновой сушки полутвердого сыра, оптимизация режимов сушки

Для цитирования: Тимчук Е. Г. Исследование динамики, научное обоснование гипотезы о механизме удаления влаги и оптимизация режимов микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 89–99.

© Тимчук Е. Г., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 89–99.

FOOD SYSTEMS

Original article

Investigation of dynamics, scientific substantiation of the hypothesis about the mechanism of moisture removal and optimization of microwave vacuum drying of semi-hard cheese

Egor G. Timchuk
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
timchuk.eg@dgtru.ru, ORCID: 0000-0003-2473-2081

Abstract. The strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030 directs food enterprises to increase their competitiveness. The application of ultrahigh frequency waves to semi-hard cheese under vacuum makes it possible to produce a new competitive dried product with a porous structure and brittle consistency. The study analyzes the dynamics of variation in the mass fraction of moisture of semi-hard cheese during its vacuum-microwave drying. Under the action of an ultrahigh frequency magnetic field under vacuum, moisture is removed from processed products at high speed, tearing the casein matrix of semi-hard cheese and forming a porous structure. A hypothesis has been put forward about the mechanism of this phenomenon, which consists in the accumulation of instability of the «protein matrix» of cheese casein under the action of ultrahigh frequency microwaves and superheated liquid pressure, followed by rapid vapor formation of such force that leads to the rupture of the casein «protein matrix» with the formation of a porous structure. Optimal and rational parameters of vacuum-microwave drying of semi-hard cheese were determined by the method of orthogonal central compositional planning of the experiment. In the experiment, the drying time varied from 8 to 12 minutes with a variation interval of 2 minutes and the proportion of magnetron power from 30 to 70 % with a variation interval of 20 %. The optimum, as the extreme of the obtained functional dependence, was the following values: the drying time was 10 minutes, and the proportion of magnetron power used was 50 %. The rational parameters, as the closest inflection area of the response surface of the obtained functional dependence, varied as follows: the drying time was 9,5–10,5 minutes, the proportion of magnetron power utilization was 45-55 %.

Keywords: dynamics of drying, mechanism of vacuum microwave drying of semi-hard cheese, optimization of drying modes

For citation: Timchuk E. G. Investigation of dynamics, scientific substantiation of the hypothesis about the mechanism of moisture removal and optimization of microwave vacuum drying of semi-hard cheese. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025;74(4): 89–99. (in Russ.).

Введение

Расширение ассортимента выпускаемой пищевой продукции стимулирует конкурентоспособность пищевых предприятий, что способствует реализации стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года [1].

Объединение воздействий, оказываемых на пищевое сырье, основанных на различных физических принципах, позволяет добиться получения новой готовой продукции, способной придать конкурентное преимущество предприятию пищевой промышленности. Так и воздействие волн сверхвысокой частоты на полутвердый сыр под вакуумом позволяет добиться новых его качественных свойств. Но изменения характеристик полутвердого сыра под действием

волн сверхвысокой частоты, находящегося под вакуумом, а также определение оптимальных параметров сушки полутвердого сыра в этих условиях мало изучены или не изучены вовсе.

Вопросами исследования вакуумной сушки пищевой продукции занимались такие отечественные ученые, как Котова Т. И., Румянцев А. А., Ермолаев В. А., Шингисов А. У., Алибеков Р. С., Родионов Ю. В., Борзов С. С., Махамбетов Э. М., Каширин Д. Е., Касьянов Г. И., Морозов С. С. [2, с. 21; 3, с. 33; 4, с. 101; 5, с. 161; 8, с. 21; 9, с. 125; 10, с. 7; 11, с. 415; 12, с. 38; 13, с. 279; 14, с. 172; 15, с. 50; 16, с. 510; 18, с. 72; 19, с. 36; 20, с. 161]. Ими описаны и исследованы процессы сушки растительного сырья, ягод, пчелиного маточного молока, перги, молочных продуктов (мягкого сыра). Но исследования процесса сушки сыра полутвердых сортов не было изучено.

В отдельных случаях отечественными учеными изучалась сушка, комбинирующая вакуум с инфракрасным воздействием, СВЧ, сублимацией: Саерова К. В., Семенов Г. В., Ратникова Л. Б. [6, с. 246; 7, с. 51; 17, с. 97]. Но в данных работах рассматривается сушка продукции из растительного сырья и в малой степени продукция животного происхождения.

Исходя из вышесказанного целью работы являлись функциональные зависимости влажностных характеристик полутвердого сыра в процессе его вакуумно-микроволновой сушки, механизм удаления влаги и оптимальные параметры вакуумно-микроволновой сушки полутвердого сыра.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ характеристик используемой вакуумно-микроволной сушильной установки;
- анализ динамики варьирования массовой доли влаги полутвердого сыра в процессе его вакуумно-микроволновой сушки;
- определение оптимальных параметров вакуумно-микроволновой сушки полутвердого сыра методом ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента.

Объектом исследования являлась микроволновая вакуумная сушка полутвердого сыра.

Предметом исследования: динамические характеристики и оптимальные режимы микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра.

Материалы и методы исследования

В качестве сырья использовали сыр полутвердый «Российский» согласно ГОСТ 32260-2013 «Сыры полутвердые. Технические условия». Полутвердый сыр перед сушкой нарезали на кусочки квадратной формы шириной 1,5–2,0 см. В качестве сушильной установки использовали микроволновую вакуумную установку «АЛЬТА-ЛМ 2».

Суммарную органолептическую оценку полученных образцов сушеного сыра проводили с использованием разработанной балльной шкалы на основе требований ГОСТ 32260-2013 «Сыры полутвердые. Технические условия» и классических методических приемов, описанных Сафроновой Т. М. [21, с. 8–48] с учетом коэффициентов весомости частных органолептических показателей. Максимально возможная суммарная органолептическая оценка составляла 20 баллов. Массовую долю влаги определяли экспресс-методом с использованием лабораторных весов и прибора Чижовой.

Результаты и их обсуждение

Сушку полутвердого сыра осуществляли в микроволновой вакуумной установке «АЛЬТА-ЛМ 2», схема представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема и внешний вид микроволновой вакуумной установки «АЛЬТА-ЛМ 2»:
1 – корпус; 2 – сушильная камера; 3 – магнетрон; 4 – вакуумный насос; 5 – многоэтажная сетчатая полка; 6 – двигатель; 7 – укупоривающая крышка; 8 – колесико; 9 – блок управления.
Составлено автором
Fig. 1. Diagram and appearance of the ALTA-LM 2 microwave vacuum unit: 1 – housing;
2 – drying chamber; 3 – magnetron; 4 – vacuum pump; 5 – multi–storey mesh shelf, 6 – motor;
7 – capping lid; 8 – wheel; 9 – control unit. Compiled by the author

Измельченный полутвердый сыр размещали на многоэтажной сетчатой полке 5, закрывали укупоривающую крышку 7 и задавали программу сушки при помощи блока управления 9. После запуска при помощи вакуумного насоса 4 из сушильной камеры 2 удаляется воздух, многоэтажная сетчатая полка начинает вращение при помощи двигателя 6, магнетрон 3 начинает излучать магнитное поле.

Установка позволяет создавать разряжение вплоть до 10±4 мм рт. ст., варьировать температуру от 20 до 100 °С путем изменения доли задействования мощности магнетрона в 2,5 кВт от 10 до 100 %.

Задав разряжение в 20±4 мм рт. ст. и варьируя долю задействования мощности магнетрона от 40 до 80 %, исследовали изменения влажности образцов полутвердого сыра «Российский», результаты представлены на рис. 2.

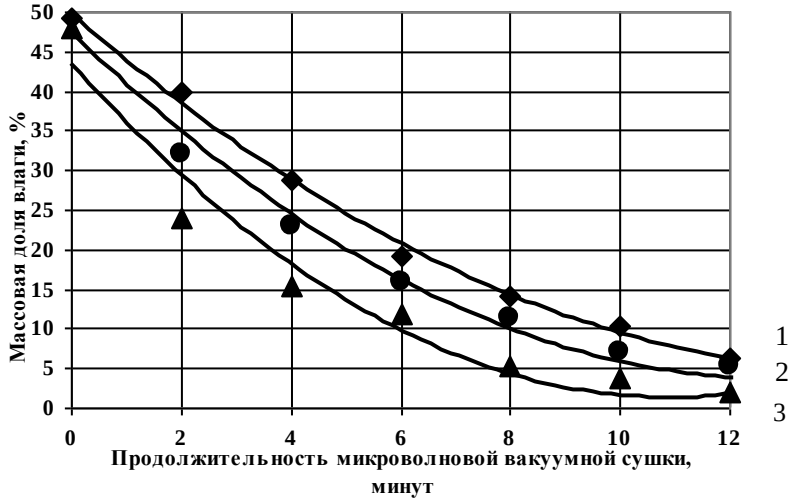


Рис. 2. Изменение массовой доли влаги полутвердого сыра «Российский» в процессе микроволновой вакуумной сушки (доля задействования мощности магнетрона: 1–40 %, 2–60 %, 3–80 %). Составлено автором
Fig. 2. Change in the mass fraction of moisture in semi-hard Russian cheese during microwave vacuum drying (the proportion of magnetron power used: 1–40 %, 2–60 %, 3–80 %). Compiled by the authors

Статистическая обработка полученных данных позволила определить функциональные зависимости содержания влаги в полутвердом сыре «Российский» от продолжительности микроволновой вакуумной сушки, табл. 1.

Таблица 1

Функциональные зависимости содержания влаги в полутвердом сыре «Российский» от продолжительности микроволновой вакуумной сушки

Table 1

Functional dependences of the moisture content in semi-hard cheese «Rosiyskiy» on the duration of microwave vacuum drying

Доля задействования мощности магнетрона, %	Функциональная зависимость	Степень достоверности аппроксимации (R^2)
40	$\omega=0{,}163\tau^2-5{,}479\tau+48{,}713$	0,99
60	$\omega=0{,}262\tau^2-6{,}784\tau+47{,}483$	0,98
80	$\omega=0{,}356\tau^2-7{,}753\tau+43{,}529$	0,95

Анализ результатов, представленных на рис. 2 и табл. 1, показывает, что процесс удаления влаги из сыра «Российский» характеризуется нелинейными зависимостями, что согласуется с классическими данными об удалении влаги из пористых тел [22, с.75]. Изменение скорости удаления влаги из полутвердого сыра «Российский» в процессе его сушки представлено на рис. 3.

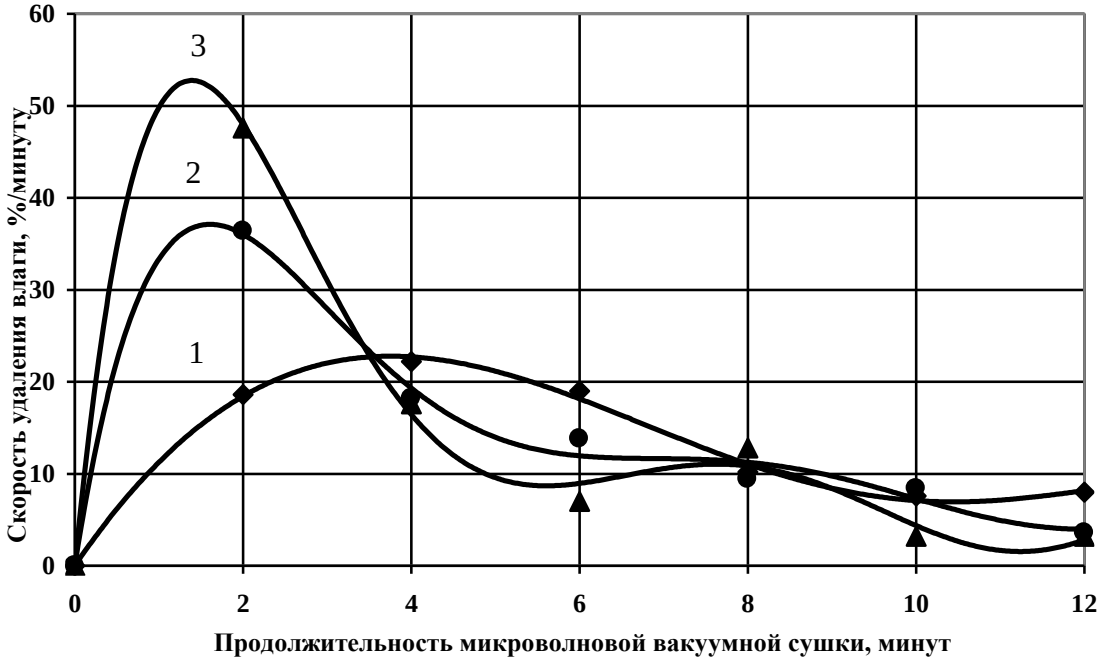


Рис. 3. Изменение скорости удаления влаги из образцов полутвердого сыра «Российский» в процессе микроволновой вакуумной сушки (доля задействования мощности магнетрона: 1 – 40 %, 2 – 60 %, 3 – 80 %). Составлено автором

Fig. 3. Change in the rate of moisture removal from samples of semi-hard Russian cheese during microwave vacuum drying (proportion of magnetron power utilization: 1 – 40 %, 2 – 60 %, 3 – 80 %). Compiled by the author

Как известно, нагревание объектов под действием магнитного поля сверхвысокой частоты происходит за счет реализации механизма релаксации дипольных молекул обрабатываемого изделия. При этом, приняв как аксиому теорию валентных связей, можно прийти к выводу, что в большей степени механизм релаксации происходит с молекулами воды, так как они по своей природе более полярны, чем белковые молекулы казеина сыра. Известно, что полярность воды обусловлена асимметричным распределением электронов между атомами водорода и кислорода. Атом кислорода более электроотрицателен, чем атомы водорода, и притягивает к себе общую электронную пару. В результате на атоме кислорода возникает частичный отрицательный заряд, а на атомах водорода – частичные положительные заряды. Неравномерное распределение зарядов превращает молекулу воды в диполь – систему с двумя выраженными полюсами и дипольным моментом, равным 1,84 Д (дебая).

Белковые молекулы казеина молока представляют собой группы гетерогенных фосфопротеинов, ассоциирующихся в мицеллы в присутствии ионов кальция, фосфатов и цитратов кальция. Молекулы казеина молока одновременно содержат свободные отрицательно заряженные карбоксильные и положительно заряженные аминные группы, из которых первые преобладают, поэтому в растворе казеин молока имеет частично отрицательный заряд. В результате воздействия сычужного фермента после гидролиза казеин молока распадается на 2 фракции: гидрофобный пара-к-казеин и гидрофильный гликомакропептид, последний уходит в сыворотку.

Гидрофобный пара-к-казеин, или казеин сыра, теряет частично отрицательный заряд, приводящий к снижению эффекта электростатического отталкивания между мицеллами, что ведет к их агрегатированию и образованию мозаичной структуры, названной «казеиновой сетью», или «белковой матрицей». Объединившись, мицеллы теряют подвижность, а пустоты «белковой матрицы» заполняются гидрофильными гликомакропептидами – молочной сывороткой и капиллярной водой, образуя гели. Благодаря гелеобразованию белково-молочная система улучшает свою способность сопротивляться сжатию через комплекс таких реологических свойств, как упругость, твердость, пластичность и т.д. Таким образом, казеин сыра следует рассматривать как систему, состоящую из «белковой матрицы», поры которой заполнены гелем. Общий дипольный момент всей системы ориентировочно близок к нулю, но разные ее части имеют дипольный момент, отличный от нуля – полярной части и равный нулю – не полярной части.

Как и в любых влажных пористых телах, скорость удаления влаги в начальные моменты времени сушки ($\tau < 2$ мин) максимальна, так как происходит удаление наиболее легко удаляемой влаги: влаги смачивания и влаги макрокапилляров. С увеличением продолжительности сушки (2–6 мин) скорость удаления влаги падает, так как влага смачивания и влага макрокапилляров уже удалены, а влага микрокапилляров еще не перераспределилась. На 6–8-й мин скорость удаления влаги незначительно возрастает, так как влага микрокапилляров уже удалена, и вся энергия передается на «белковую матрицу» казеина сыра. Элементы «белковой матрицы» вибрируют с таким усилием, что это приводит к разрушению «кальциевых мостиков»: связей между ионами кальция и остатками фосфорной кислоты. Предположительно, «белковая матрица» казеина сыра денатурирует, «размягчается», под действием гравитационных сил она сминается, «матрица» схлопываются, сыр «плавится».

Под действием разряжения температура кипения воды понижается и при реализации СВЧ-сушки возможна реализация множества сценариев, крайними из которых являются:

- при давлении, близком к атмосферному, температура кипения воды составляет около 100 °С, при реализации СВЧ-сушки при температуре 40–50 °С вода постепенно удаляется, белковые молекулы постепенно денатурируют, сыр «плавится», как было описано выше;

- при разряжении температура кипения воды понижается, что связано с реализацией зависимости Клапейрона–Клаузиуса, релаксация молекул воды происходит значительно быстрее, но парообразования не происходит из-за отсутствия центров парообразования, так как «белковая матрица» казеина сыра еще не денатурировала, и ее пористая структура с еще не

разрушенными слабыми связями препятствует образованию пузырьков образования пара (вода переходит в состояние перегретой жидкости). Накапливается нестабильность «белковой матрицы» вследствие вибрации ее частей, вызванной воздействием волн сверхвысокой частоты. В определенный момент «белковая матрица» казеина «не выдерживает» (слабые связи начинают разрушаться) и в какой-то их части (можно предположить, что в их полярной части) создается центр парообразования. Тогда создаваемое паром избыточное давление разрывает казеиновую «белковую матрицу» сыра, образуя пористую структуру сушеного продукта (рис. 4, а);

- при разряжении и высокой температуре, образованной мощным воздействием магнетрона, пористая структура сыра слишком размягчается и начинает под действием гравитационных сил опадать и сливаться с соседними кусочками, образуя сырные конгломераты (рис. 4, б).

По своим органолептическим показателям изготовленные образцы высушенного полутвердого сыра значительно отличались в оценке их консистенции и общей приемлемости. Вкусовые же качества и аромат не отличались. Поэтому с целью определения оптимальных параметров микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра «Российский» построили следующую матрицу планирования эксперимента, табл. 2.



а б

Рис. 4. Внешний вид образцов сушеного полутвердого сыра, изготовленного при различных условиях: а – с образованием пористой структуры; б – с образованием пористой структуры и последующей конгломерацией. Фото автора

Fig. 4. The appearance of samples of dried semi-hard cheese made under various conditions: а – with the formation of a porous structure; б – with the formation of a porous structure and subsequent conglomeration. Photo by the author

В качестве фактора X_1 варьировали продолжительность сушки 8, 10 и 12 мин, в качестве фактора X_2 варьировали долю задействования мощности магнетрона 30, 50 и 70 %. В качестве функции отклика Y оценивали суммарную органолептическую оценку полученных сушеных образцов полутвердого сыра «Российский».

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра «Российский»

Table 2

The matrix of planning the experiment of microwave vacuum drying of semi-hard cheese «Rosiyskiy»

№ опыта	X_0	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Ycp	$S^2(Y_i)$
1	+	–	–	17,4	17,1	17,6	17,4	0,205
2	+	–	0	18,3	18,1	18,3	18,2	0,009
3	+	–	+	17,6	17,5	17,9	17,7	0,029
4	+	0	–	18,1	18,0	18,3	18,1	0,016
5	+	0	0	19,9	19,7	19,8	19,8	0,007
6	+	0	+	18,8	18,7	19,1	18,9	0,029
7	+	+	–	17,7	17,9	18,2	17,9	0,042
8	+	+	0	18,7	18,2	18,3	18,4	0,047
9	+	+	+	18,0	18,2	18,2	18,1	0,009

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила построить графическое представление зависимости суммарной органолептической оценки сушеного полутвердого сыра «Российский» от продолжительности сушки и доли задействования мощности магнетрона, рис. 5.

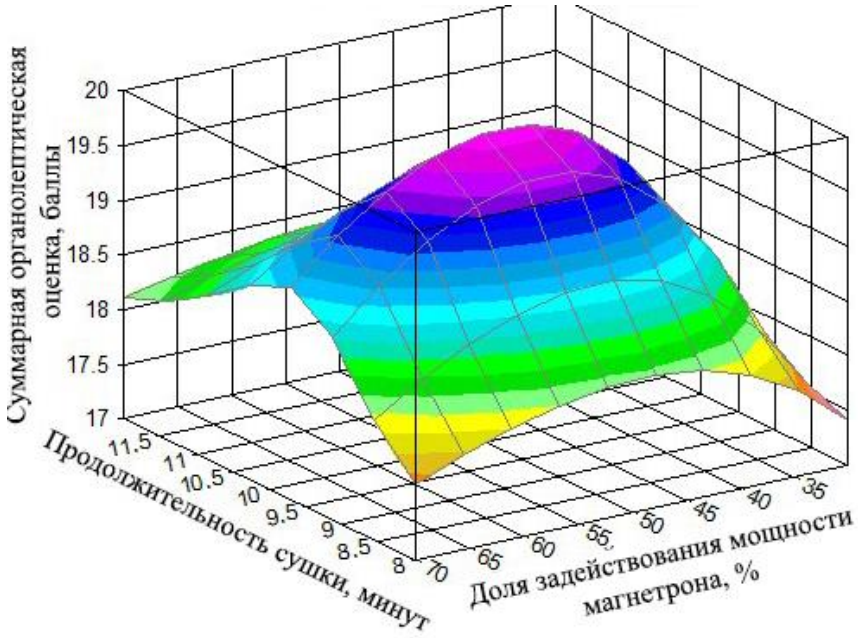


Рис. 5. Графическое представление зависимости суммарной органолептической оценки сушеного полутвердого сыра «Российский» от продолжительности сушки и доли задействования мощности магнетрона. Составлено автором

Fig. 5. Graphical representation of the dependence of the total organoleptic assessment of dried semi-hard cheese «Rosiyskiy» on the duration of drying and the proportion of magnetron power utilization. Compiled by the author

Математическая обработка экспериментальных данных позволила построить математическую модель процесса сушки полутвердого сыра «Российский» в виде уравнения регрессии

$$Y = \frac{16{,}933 - 14{,}975 \ln X_1 + 3{,}346 \ln X_1^2 - 0{,}025 \ln X_2}{1 - 0{,}859 \ln X_1 + 0{,}192 \ln X_1^2 - 0{,}016 \ln X_2 + 0{,}002 \ln X_2^2},$$

где Y – суммарная органолептическая оценка сушеного полутвердого сыра «Российский», баллы;

x_1 – продолжительность сушки, мин;

x_2 – доля задействования мощности магнетрона, %.

Достоверность аппроксимации модели составила 0,99.

Графоматематический анализ экспериментальных данных позволил установить оптимальные и рациональные параметры процесса микроволновой вакуумной сушки полутвердого сыра «Российский».

Оптимальные режимы как экстремум полученной функциональной зависимости составили:

- продолжительность сушки 10 мин;
- доля задействования мощности магнетрона 50 %.

Рациональные режимы как наиболее близкая область к перегибу поверхности отклика полученной функциональной зависимости составили:

- продолжительность сушки 9,5–10,5 мин;
- доля задействования мощности магнетрона 45–55 %.

Заключение

Микроволновая вакуумная сушильная установка «АЛЬТА-ЛМ 2» позволяет сушить пищевую продукцию при температурах от 20 до 100 °С и разряжении вплоть до 10±4 мм рт. ст. и представляет собой устройство, позволяющее изготавливать оригинальную пищевую продукцию с измененными свойствами.

Исследование динамики варьирования влажностных характеристик полутвердого сыра в процессе сушки позволило определить нелинейные функциональные зависимости массовой доли влаги от доли задействования мощности магнетрона сушильной установки и продолжительности сушки. При этом определено, что скорость удаления влаги в начальные моменты времени сушки ($\tau < 2$ мин) превышает ее последующие значения, что согласовывается с известными данными.

Научно обоснована гипотеза удаления влаги в процессе вакуумной микроволновой сушки полутвердого сыра. Она состоит в накоплении нестабильности «белковой матрицы» казеина сыра под действием микроволн сверхвысокой частоты и давления перегретой жидкости с последующим быстрым образованием пара такой силы, что ведет к разрыву казеиновой «белковой матрицы» с образованием пористой структуры.

Определены оптимальные и рациональные параметры вакуумно-микроволновой сушки полутвердого сыра методом ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента. Оптимум составил следующие значения: продолжительность сушки 10 мин, доля задействования мощности магнетрона 50 %. Рациональные параметры варьировались следующим образом: продолжительность сушки 9,5–10,5 мин, доля задействования мощности магнетрона 45–55 %. Определенные режимы могут быть использованы при формировании нормативной документации на готовый сушеный продукт из сыра полутвердого «Российский».

Список источников

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции РФ до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOpqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf (дата обращения : 15.09.2025).

2. Котова Т. И., Хантургаев А. Г., Ширеторова В. Г., Хантургаева Г. И. Разработка микроволнового вакуумного способа получения порошка из замороженного плодово-ягодного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 6. С. 21–23.

3. Румянцев А. А. Направления развития энергосбережения при вакуумной сушке растительных материалов // Вестник Международной академии холода. 2024. № 4. С. 32–38.

4. Ермолаев В. А. Одно-, двух- и трехступенчатая вакуумная сушка молочных продуктов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 5(209). С. 100–105.

5. Ермолаев В. А. Низкотемпературная вакуумная сушка как способ обезвоживания растительного сырья // Вестник КрасГАУ. 2019. № 1(142). С. 160–166.

6. Саерова К. В., Мухтарова А. Р., Илалова Г. Ф., Шамсутдинова А. И., Галяветдинов Н. Р. // СВЧ-вакуумная сушка льняного волокна // Техника и технологии: пути инновационного развития : сборник научных трудов 7-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А. А. Горохов. 2018. С. 246–249.

7. Семенов Г. В., Ермаков С. А., Краснова И. С. Вакуумная сублимационная сушка пищевых продуктов: температурные границы для рационального использования в промышленном производстве // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 2–3(386–387). С. 51–57.

8. Шингисов А. У., Алибеков Р. С., Еркебаева С. У., Габрильянц Э. А., Тастемирова У. У. Вакуумная сушка сортов яблок, груши и малины, произрастающих в южных регионах РК // Вестник Алматинского технологического университета. 2022. № 4. С. 19–25.

9. Алибеков Р. С., Шингисов А. У., Еркебаева С. У., Габрильянц Э. А., Майлыбаева Э. У., Тастемирова У. У. Вакуумная сушка сортов черешни лязат, мерей и айгерим, произрастающих в южных регионах РК // Вестник Алматинского технологического университета. 2023. № 3. С. 125–130.

10. Родионов Ю. В., Данилин С. И., Рыбин Г. В., Зорин А. С., Зорина О. А., Талыков В. А. Вакуумная сушка растительных материалов // Наука в центральной России. 2024. № 3(69). С. 7–15.

11. Борзов С.С. Низкотемпературная вакуумная сушка – перспективная технология обработки растительного сырья // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича : сборник статей. Москва, 2024. С. 414–417.

12. Ермолаев В. А. Вакуумная сушка пчелиного маточного молочка // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 1(35). С. 38–48.

13. Махамбетов Э.М., Ворошилин Р. А. Вакуумная сушка белковых объектов // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под общей редакцией А. Ю. Просекова. Кемерово, 2022. С. 278–279.

14. Морозов С. С., Каширин Д. Е. Вакуумная инфракрасная сушка перги // Наука – Технология – Ресурсосбережение. Сборник научных трудов, посвященный 65-летию со дня образования инженерного факультета Вятской ГСХА : материалы X Международной научно-практической конференции. 2017. С. 172–174.

15. Каширин Д. Е. Вакуумная сушка перги // Пчеловодство. 2006. № 4. С. 50.

16. Касьянов Г. И., Иночкина Е. В., Савина А. М. Вакуумная сушка пищевых продуктов под воздействием ЭМП низких и сверхвысоких частот // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2015. № 6. С. 508–517.

17. Ратникова Л. Б., Влощинский П. Е., Широченко Г. И., Романов В. П. Вакуумная инфракрасная сушка – технология щадящей переработки растительного и животного сырья // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. 2012. № 1(2). С. 96–100.

18. Ермолаев В. А., Просеков А. Ю. Вакуумная сушка рассольных сыров // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 4. С. 72–74.

19. Ермолаев В. А. Многоступенчатая вакуумная сушка мягких сыров // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 6. С. 36–37.

20. Ермолаев В. А., Сметанин В. С. Способы уменьшения удельных затрат теплоты при вакуумной сушке молочных продуктов // Вестник КрасГАУ. 2010. № 1(40). С. 160–164.

21. Сенсорный анализ продуктов переработки рыбы и беспозвоночных: учеб. пособие / Г. Н. Ким, И. Н. Ким, Т. М. Сафронова, Е. В. Мегеда. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 512 с. ISBN 978-5-8114-1654-7. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/211661 (дата обращения : 19.09.2025).

22. Лыков А.В. Теория сушки. М. : Энергия, 1968. 472 с.

Сведения об авторе

Е. Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Information about the author

E. G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Control of Technical Systems, SPIN-code: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 01.10.2025; одобрена после рецензирования 05.11.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 01.10.2025; approved after reviewing 05.11.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 100–108.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 664.953:339.1 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-10 EDN: KSSAKF

Оценка потребительских предпочтений кулинарной рыбной продукции населения Астраханской области и России

Мария Евгеньевна Цибизова[1], Анастасия Александровна Дубровина[2]
[1, 2] Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
[1] m.e.zibizova@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3918-7402
[2] maa-2000.maklakowa@yandex.ru, ORCID: 0009-0005-2548-2207

Аннотация. Показано, что наиболее перспективным направлением расширения ассортимента рыбных кулинарных изделий на примере Астраханской области является производство пастообразной продукции из пресноводных рыб, размерно-массовые характеристики которых не дают высокий выход съедобной части ввиду специфичных морфометрических характеристик, таких как карась, карп, густера. Была разработана анкета и проведен онлайн и оффлайн опрос 350 респондентов. Проведена оценка потребительских предпочтений населения Астраханского региона и России в отношении кулинарной рыбной продукции. Основной контингент опрошенных составили граждане возрастной категории 40–49 лет (около двух третей респондентов). Преимущественно участие принимали женщины (70 %). Проведенные нами исследования показали, что основная группа опрошенных (75 %) потребляет рыбу крайне редко, в то время как численность респондентов, имеющих в своем рационе рыбную продукцию практически ежедневно, составляет всего 1,7 %.

Нами установлено, что более 22 % опрошенных респондентов отдают предпочтение фаршевой продукции. Следует отметить, что потребители фаршевой продукции выступают за расширение ассортимента данного вида продукции по типу риетов, паштетов и пудингов, а также за совершенствование традиционных рецептурных композиций. По итогам изучения спроса и вкусовых приоритетов потребителей не менее перспективным остается направление расширения ассортимента пастообразной рыбной продукции повышенной пищевой ценности. Для доведения информации о расширении ассортимента такой продукции более активно целесообразно использовать интернет-ресурсы, в том числе социальные сети.

Ключевые слова: анкетирование, предпочтения потребителей, рыбная кулинарная продукция, рыбные фарши, пастообразная продукция, пищевая ценность

Для цитирования: Цибизова М. Е., Дубровина А. А. Оценка потребительских предпочтений кулинарной рыбной продукции населения Астраханской области и России // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 100–108.

© Цибизова М. Е., Дубровина А. А., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 100–108.

FOOD SYSTEMS

Original article

Evaluation of consumer preferences for culinary fish products among the population of the Astrakhan region and Russia

Maria E. Tsibizova[1], Anastasia A. Dubrovina[2]
[1, 2] Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
[1] m.e.zibizova@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3918-7402
[2] maa-2000.maklakowa@yandex.ru, ORCID: 0009-0005-2548-2207

Abstract. Using the Astrakhan Region as an example, it was shown that the most promising area for expanding the range of culinary fish products is the production of paste-like products from freshwater fish, such as crucian carp, common carp, and white bream, whose size and weight characteristics do not allow for a high yield of edible fish due to their specific morphometric characteristics. A questionnaire was developed and an online and offline survey of 350 respondents was conducted. Consumer preferences for culinary fish products among the population of the Astrakhan Region and Russia were assessed. The majority of respondents were aged 40–49 (approximately two-thirds of respondents). Women (70 %) predominated. Our research showed that the majority of respondents (75 %) consume fish very rarely, while only 1.7% of respondents include fish products in their diet almost daily.

We found that over 22 % of respondents prefer minced products. It's worth noting that consumers of minced meat products are in favor of expanding the range of these products, including rillettes, pâtés, and puddings, as well as considering improvements to traditional recipes. Based on a study of consumer demand and taste preferences, expanding the range of paste-like fish products with increased nutritional value remains equally promising. To disseminate information about expanding the range of such products, more active use of online resources, including social media, is needed.

Keywords: survey, consumer preferences, culinary fish products, minced fish, pasty products, nutritional value

For citation: Tsibizova M. E., Dubrovina A. A. Evaluation of consumer preferences for culinary fish products among the population of the Astrakhan region and Russia. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 100–108. (In Russ.).

Введение

Сельское хозяйство и пищевая промышленность составляют важный сегмент в сфере экономики нашего региона, что позволяет обеспечивать население необходимыми и безопасными в ветеринарно-санитарном отношении продуктами питания. Рыбная отрасль занимает особое место среди всех отраслей пищевой промышленности не только Астраханской области, но и России.

Общеизвестно, что рыба – это источник полноценного белка, необходимых для организма человека ненасыщенных жирных кислот и макро- и микроэлементов. Однако по данным Минздрава, население России недостаточно включает в свой рацион рыбные продукты и потребляет в среднем 24 кг при рекомендуемой норме потребления в 28 кг [1]. Поэтому необходимо продолжать исследования по расширению ассортимента рыбной продукции, повышения ее привлекательности для потребителя.

В современных реалиях производители рыбной продукции зависимы от предложений рыбного сырья, а также от особенностей сроков годности таких продуктов, что накладывает определенный отпечаток на ассортимент производимой предприятиями продукции и условия ее реализации. В ранее проводимом учеными анализе выявленных потребительских предпочтений в отношении различных видов рыбной кулинарной продукции было установлено, что целесообразность расширения ассортимента остается актуальным, несмотря на проведение исследований в области совершенствования традиционных технологий их производства [2, 3, 4, 5].

В Астраханском регионе ежегодно осуществляется вылов водных биоресурсов, продолжает развиваться аквакультура. На предприятиях г. Астрахани и Астраханской области производят достаточно широкий ассортимент рыбной продукции, но в то же время потребители ощущают нехватку рыбной кулинарной продукции из пресноводных рыб. Поэтому целью наших исследований является продолжение изучения ассортимента кулинарных изделий и оценка потребительских предпочтений этого сегмента продукции.

К традиционно производимой в Астраханской области рыбной продукции относится производство консервов и пресервов, балычных изделий горячего и холодного копчения, рыбы горячего и холодного копчения, вяленой рыбной продукции. Не менее широк ассортимент охлажденной и мороженой рыбы, которая реализуется как в неразделанном виде, так и в виде филе, тушки, обезглавленной рыбы. Но наиболее перспективным видом рыбной продукции является получение рыбного фарша [6].

На наш взгляд, получение рыбного фарша и продуктов на его основе особенно актуально из рыб, размерно-массовые характеристики которых не дают высокий выход съедобной части ввиду специфичных морфометрических характеристик. К таким видам пресноводных рыб можно отнести карася, карпа, густеру. Производство рыбного фарша открывает широкие возможности расширения ассортимента продукции на его основе. Проведенные маркетинговые исследования ученых в отношении рыбных изделий на основе фаршей показали, что около половины опрошенных включают в свой рацион готовые кулинарные изделия, такие как котлеты, биточки, тефтели. Около трети опрошенных приобретают замороженные полуфабрикаты на основе рыбного фарша [7]. К такой продукции относится не только формованные кулинарные изделия (котлеты, биточки, зразы, тефтели и т.д.), но и пастообразная продукция [8].

Для изучения предпочтений в выборе и спросе потребителями существующего ассортимента рыбной продукции, выпускаемой рыбоперерабатывающими предприятиями Астраханской области, был проведен опрос среди населения Астраханской области в режиме офлайн и онлайн. В опросах в формате онлайн могло принимать участие население любых регионов Российской Федерации, так как в анкете не акцентировалось внимание на место проживания опрашиваемого.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработка анкеты для проведения опроса населения.
2. Проведение опроса среди респондентов.
3. Рассмотрение итогов проведенного опроса.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на основе собранных сведений путем анкетирования представителей целевой аудитории. Для проведения маркетинговых исследований использовались традиционные в этой области подходы [9]. Вопросники содержали блоки вопросов касательно ассортимента рыбной продукции, частоты ее употребления в пищу и предпочтений среди предложенного к обсуждению ассортимента, а также ряд других вопросов по тематике опроса.

В рамках анкетирования, организованного одновременно очно и дистанционно, участвовало 350 респондентов разного возраста и пола. Итоговые показатели подверглись обработке посредством программного пакета Microsoft Office версии 2016 (Word и Excel), с использованием стандартных методов статистической обработки полученных результатов.

Результаты и их обсуждение

Перед началом изучения мнений о представленном ассортименте рыбных продуктов важно было выяснить состав участников опроса по возрасту и половому признаку. Анализ распределения анкетированных мужчин и женщин помогает установить предпочтения тех категорий населения, которым интересны такие пастообразные продукты, как паштеты, пасты и риеты. Демографический срез участников опроса приведен на рис. 1.

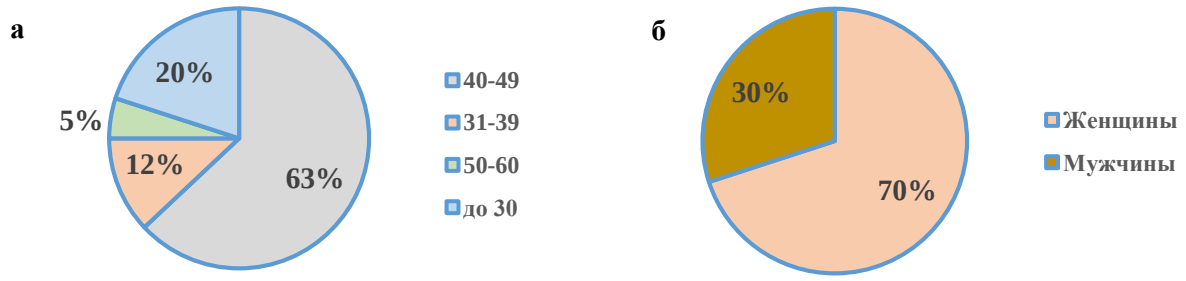


Рис. 1. Распределение опрашиваемых по возрасту (а) и полу (б). Составлено авторами
Fig. 1. Distribution of respondents by age (a) and gender (б). Compiled by the authors

Приведенные данные (рис. 1, а) демонстрируют, что самую активную позицию заняли покупатели в возрасте от 40 до 49 лет, чьи голоса составляют около 63 %. Молодежь младше тридцати и участники среднего поколения от 31 до 39 лет вместе набрали лишь чуть больше трети голосов (32 %). Доля же старшего поколения оказалась минимальной – всего 5 %. Такая картина отражает активность основной массы опрошенных, ориентированных на здоровый образ жизни и реализующих принципы правильного питания. Изучение половой структуры респондента показало (рис. 1, б), что большинство участвующих (70 %) принадлежит женскому населению, тогда как мужчины представляют собой меньшую группу (30 %). Эта значительная разница подчеркивает большую вовлеченность женской части аудитории в расширение выбора рыбных продуктов, применимых для удобного перекуса и быстрого приготовления пищи.

На рис. 2 представлены семейное положение и род деятельности анкетируемых.

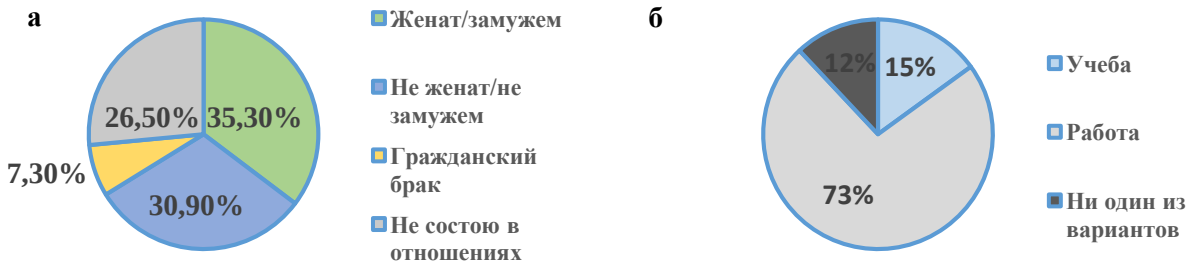


Рис. 2. Распределение респондентов по семейному положению и деятельности. Составлено авторами
Fig. 2. Distribution of respondents by marital status and activity. Compiled by the authors

Исследования показали (рис. 2, а), что среди участников исследования заметно превалировали свободные от брачных обязательств индивиды (их доля составляет 57,4 %), немного превосходящие числом состоящих в браке (42,6 %). Графическое отображение профессиональной занятости лиц разных возрастов отражено на рис. 2, б. Проведённый анализ демонстрирует следующую картину: 73 % опрошенных заняты трудовой деятельностью, ещё 15 % продолжают

обучение, оставшиеся 12 % представляют категорию безработных и учащихся жителей Астраханской области и России. Всего участие в изучении покупательских настроений приняли 350 человек. Исходя из полученного массива данных, выделился характерный профиль потенциального потребителя рыбной продукции: это преимущественно лица в возрасте от 38 лет и старше (63 %), женский пол (70 %) и экономически активные граждане (73 %).

Результаты исследований по вопросу, как часто респонденты употребляют рыбные продукты и приобретают их в торговых сетях, представлены на рис. 3 и 4.

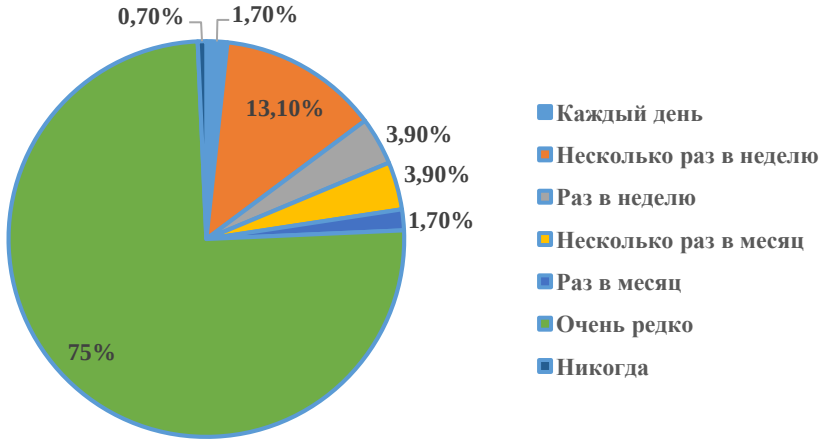


Рис. 3. Частота употребления рыбных продуктов респондентами. Составлено авторами
Fig. 3. The frequency of consumption of fish products by respondents. Compiled by the authors

По полученным данным выяснилось (рис. 3), что регулярно включают рыбу в свой ежедневный рацион 1,7 % от общей численности респондентов. Ещё одна категория – потребляющие рыбу несколько раз в течение рабочей недели – охватывает примерно 13,1 %, раз в неделю блюда из рыбы появляются на столах у 3,9 % опрошенных, а почти столько же приобретают продукцию подобного типа несколько раз в месяц. Ежемесячно едят рыбные блюда только 1,7 %, большая часть участников анкетирования (почти три четверти) предпочитает употреблять рыбу крайне нерегулярно, а абсолютный отказ от неё зафиксирован у минимального процента – всего 0,7 %. Таким образом, в расширении ассортимента рыбной кулинарной продукции есть необходимость, так как доля не употребляющих рыбные продукты незначительна.

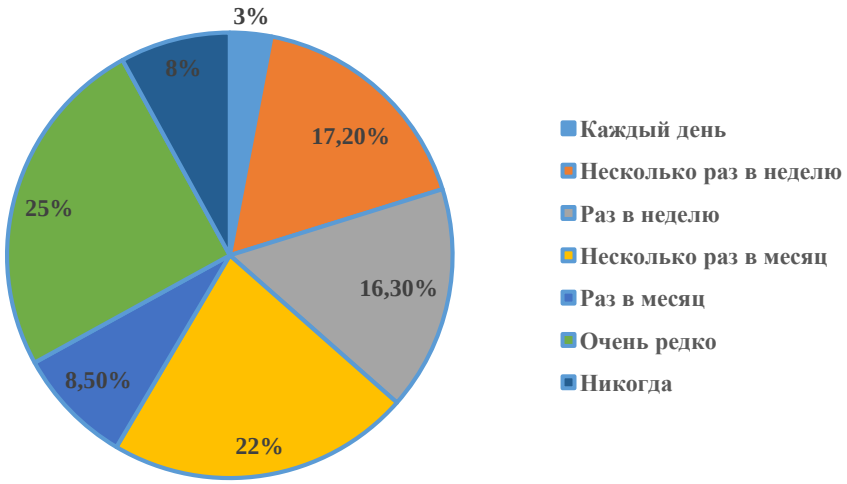


Рис. 4. Частота покупки рыбных продуктов в торговых сетях. Составлено авторами
Fig. 4. Frequency of purchase of fish products in retail chains. Compiled by the authors

Что касается ритма покупок рыбной продукции, то согласно результатам (рис. 4), приобретающие готовые рыбные полуфабрикаты несколько раз в неделю составляют 17,2 % опрошенных, ежемесячные закупки осуществляют порядка 8,5 % респондентов. Ежедневные покупки делают 3 % участников, раз в неделю покупают такую продукцию 16,3 %, периодически совершающие покупку два-три раза в месяц формируют заметную группу в размере 22 %. Вместе с тем значительное число опрошенных проявило низкую склонность к регулярным покупкам: каждый четвертый отметил редкость закупок («очень редко»), а 8 % заявили, что вообще отказываются приобретать подобные товары. Для большинства опрошенных является приоритетным покапать в торговых сетях мясные полуфабрикаты и мясные изделия, что также поднимает проблему наличия достаточного ассортимента рыбной продукции в сетевых магазинах.

Полученные нами данные опроса свидетельствуют о необходимости расширения ассортимента рыбных полуфабрикатов, разработки новых продуктов, которые смогли бы привлечь больше потребителей и стимулировать спрос. Покупатели должны переориентироваться на покупку рыбной продукции, вследствие чего необходимо повышать привлекательность изделий, создавать рецептуры, нивелирующие запах рыбы. Увеличение разнообразия товаров способно заинтересовать потенциальных покупателей, повысив частоту и объемы продаж рыбной продукции.

На рис. 5 представлены данные о видах рыбных кулинарных изделий, входящих в рацион респондентов.

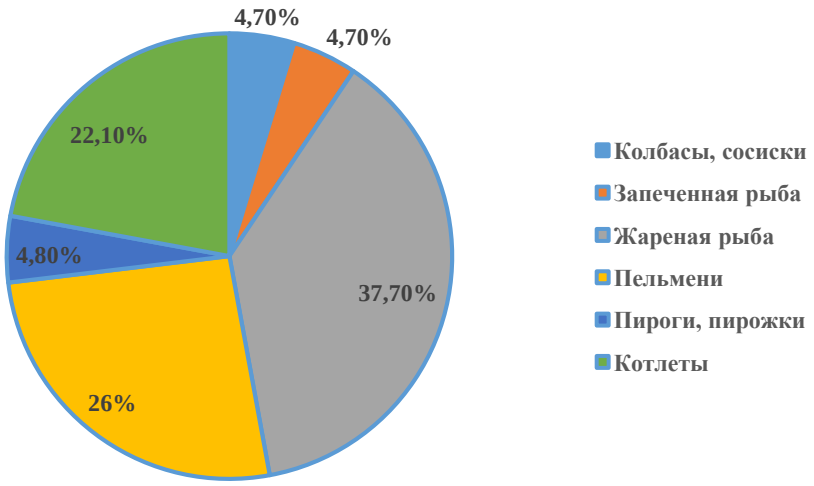


Рис. 5. Виды рыбной кулинарной продукции, употребляемой респондентами чаще всего. Составлено авторами

Fig. 5. Types of fish culinary products used by respondents most often. Compiled by the authors

Согласно представленным данным (рис. 5), потребителей чаще всего интересовала жареная рыба (37,7 %), пельмени (26 %), а также котлеты (22,1 %), т.е. приоритетной продукцией являлись кулинарные изделия на основе рыбного фарша. Другие виды рыбных кулинарных продуктов гораздо реже можно встретить на столе у потребителей. Таким образом, исходя из полученных данных, видно, что ассортимент фаршевых изделий в торговых сетях представлен недостаточно, вследствие чего предлагается расширить ассортиментную линейку такой продукции по типу риетов, паштетов и пудингов, а также предусмотреть совершенствование традиционных рецептурных композиций в части оптимизации макро- и микронутриентного состава с целью повышения пищевой ценности продукции на основе рыбного фарша.

Отношение анкетируемых потребителей к рыбной продукции повышенной пищевой ценности имело разнонаправленный характер (рис. 6).

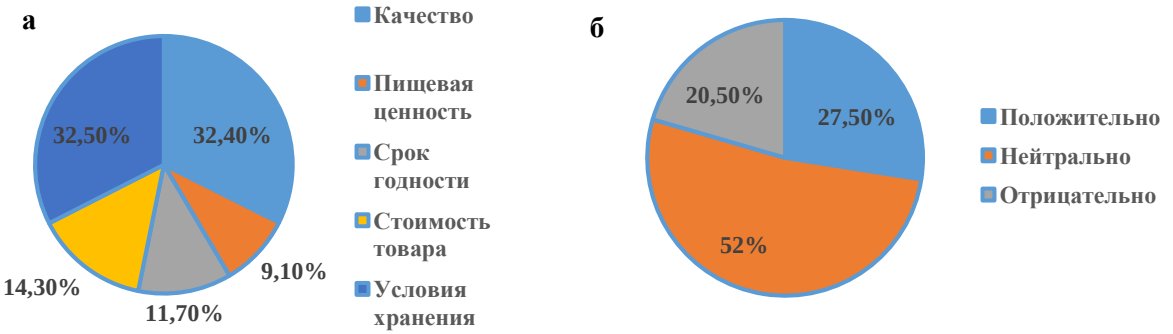


Рис. 6. Готовность покупателей покупать рыбную продукцию повышенной пищевой ценности. Составлено авторами
Fig. 6. The willingness of customers to buy fish products with increased nutritional value. Compiled by the authors

Полученные данные свидетельствуют (рис. 6, а и 6, б соответственно), что более половины участников опроса (56,9 %) выразили желание приобрести рыбную продукцию повышенной пищевой ценности, хотя степень их уверенности варьировала. Другая часть (18,4 %) затруднялась оценить ценность таких дополнительных компонентов, считая их воздействие на организм человека неоднозначным. Категоричный отказ выразил сравнительно небольшой процент (24,7 %). Относительно растительных компонентов в рецептурах рыбных изделий отрицательную реакцию продемонстрировало лишь немногим менее пятой доли респондентов (20,5 %), для которых приоритетным является наличие основного компонента – рыбного.

При проведении опроса учитывалось также мнение потребителей относительно разнообразия ассортимента рыбных продуктов и источников, из которых респонденты узнают о появлении новых видов рыбных продуктов. Основные пути осведомления респондентов о появляющихся новинках рыбной отрасли пролегают через интернет-ресурсы, в том числе социальные сети (46,7 %), телевидение (39,8 %), традиционные средства массовой информации (29,2 %) и специализированную литературу (5,1 %). При принятии решения о приобретении новых рыбных продуктов значительную роль играет мнение окружения (родственников, друзей, коллег и знакомых), чему склонны доверять представители различных возрастных групп (51,9 %).

При ответе на вопрос относительно недостатков реализуемых рыбных продуктов (котлет, пирогов и пирожков, запеченной и жареной рыбы, пельменей), представленных в торговых сетях, потребители выбрали для себя ключевые аспекты (рис. 7).

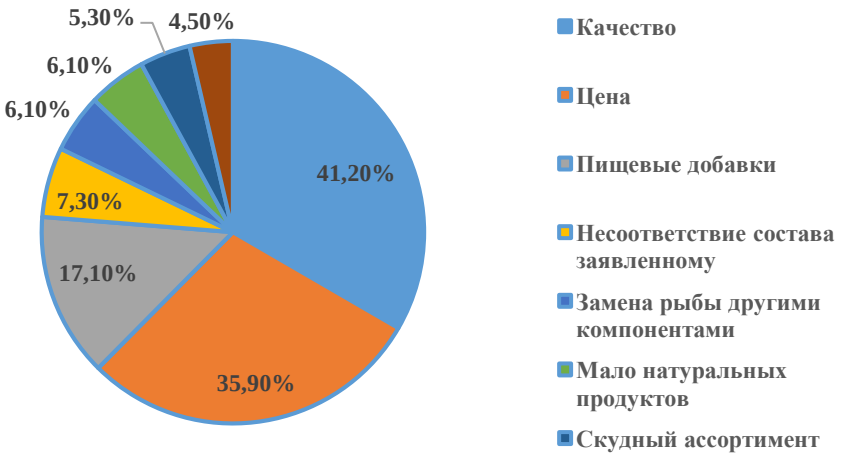


Рис. 7. Неудовлетворенность потребителей пищевой продукцией. Составлено авторами
Fig. 7. Consumer dissatisfaction with food products. Compiled by the authors

Согласно представленным данным (рис. 7), отдельные категории покупателей выражают обеспокоенность различными аспектами: удельный вес недовольства качеством достигает отметки в 41,2 %, ценовой составляющей – 35,9 %. Отдельные жалобы касаются наличия пищевых добавок (17,1 %), расхождений заявленных ингредиентов с фактическими составляющими (7,3 %), даты изготовления продукта и сроков годности (4,5 %). Небольшое число опрошенных (6,1 %) высказывают сомнения в подлинности натуральных компонентов продукции и только 5,3 % полагают, что выбор продукции недостаточно широк.

Заключение

Проведенные нами исследований в области ожиданий потребителей в отношении рыбной кулинарной продукции показали, что современный покупатель стремится к разнообразию вкусов и здоровому питанию, поэтому расширение ассортимента рыбной кулинарной продукции и внедрение инновационной рыборастительной пастообразной продукции становится необходимым условием успешного развития рынка. Такое предложение позволит насытить рынок качественными, экологически чистыми и полезными продуктами, сочетать лучшие качества рыбы и растительных компонентов, формируя здоровый и полноценный рацион питания россиян.

Установлено, что современный рынок отличается недостаточным разнообразием рыбной кулинарной продукции, следовательно, возникает необходимость его расширения и насыщения такими изделиями, как риеты, пасты, паштеты, в составе которых возможно комбинирование компонентов, их взаимозаменемость, создание продукта сбалансированного состава. Также отмечено, что более половины респондентов готовы приобретать обогащенные рыбные продукты или же рыбную продукцию с растительными компонентами.

Список источников

1. Агроинвестор. Рынки (электронный журнал) https://www.agroinvestor.ru/markets/news/45074-vladimir-putin-potreblenie-ryby-otstaet-ot-normy/ (дата обращения : 29.10.2025).

2. Цибизова, М. Е. Изучение возможности расширения ассортимента рыбных кулинарных изделий и оценка ожиданий потребителей / М. Е. Цибизова, А. В. Буклешова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 88–95.

3. Лебедева, Е. Ю. Исследование потребительских предпочтений рыбной кулинарной продукции / Е. Ю. Лебедева, А. А. Неваленная, С. В. Золотокопова, А. И. Миронов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 1(73). С. 37–42.

4. Хатко, З. Н. Анализ потребления мясных и рыбных продуктов различными группами населения / З. Н. Хатко, Е. М. Колодина // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 216–229.

5. Цибизова М. Е. Расширение ассортимента кулинарной продукции из объектов товарной аквакультуры // Вестник МГТУ. 2018. Т. 21, № 3. С. 513–523.

6. Дворянинова О. П. Расширение ассортимента рыбопродуктов на основе фарша: оптимизация сырьевых комбинаций, свойства и усовершенствованные технологии // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты здорового питания. 2014. № 1. С. 32–42.

7. Анохина О. Н. Маркетинговые исследования потребления фаршевой рыбной продукции // Балтийский морской форум : материалы XI Международного Балтийского морского форума : в 8 т. Калининград, 2023. С. 17–24.

8. Борисочкина, Л. И. Производство рыбных кулинарных изделий. Технология и оборудование : учеб. пособие / Л. И. Борисочкина, А. В. Гудович. Москва : ВО «Агропромиздат», 1989. 312 с.

9. Павлов Н. В. Методы маркетинговых исследований : монография. СПб.: СПбГТУ, 2011. 344 с.

Сведения об авторах

М. Е. Цибизова – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии товаров и товароведения, SPIN-код: 6444-7526, AuthorID: 469592.

А. А. Дубровина – аспирант кафедры технологии товаров и товароведения.

Information about the authors

M. E. Tsibizova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Goods and Commodity Science, SPIN-code: 6444-7526, AuthorID: 469592.

A. A. Dubrovina – Postgraduate student of the Department of Technology of Goods and Commodity Science.

Статья поступила в редакцию 18.11.2025; одобрена после рецензирования 01.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 18.11.2025; approved after reviewing 01.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 109–120.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 576.89:595.3/.7(265.53) DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-11 EDN: QODWEI

Гельминты беспозвоночных гидробионтов северного побережья острова Русский (залив Петра Великого, Японское море)

Константин Сергеевич Вайнутис[1], Анастасия Николаевна Воронова[2], Константин Александрович Афанасьев[3], Владимир Сергеевич Фоминов[4], Алексей Александрович Буховец[5]

[1,3,4,5] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[2] Тихоокеанский государственный медицинский университет Минздрава России, Владивосток, Россия
[1] vainutisk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0650-6374
[2] avoronova92@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7571-0750
[3] kafanasev39@gmail.com; ORCID: 0009-0002-5009-727X
[4] vsfoma1209@gmail.com; ORCID: 0009-0001-5575-7938
[5] dragon.aleksei@yandex.ru; ORCID: 0009-0007-6817-943X

Аннотация. Приведены результаты паразитологического обследования массовых видов беспозвоночных, собранных в 2024–2025 гг. в бухтах северного побережья острова Русский: Аякс, Поспелова, Ахлёстышева, Труда, Новик, Безымянная. Обследовано более 1000 экз. брюхоногих и двустворчатых моллюсков, крабов, раков-отшельников и иглокожих. Методами световой микроскопии диагностированы личиночные и зрелые стадии гельминтов. Установлен качественный и количественный состав паразитофауны. В 2025 г. выявлена массовая заражённость ракообразных метацеркариями трематод, при этом наибольшее таксономическое разнообразие гельминтов отмечено у крабов Hemigrapsus sanguineus. На основе морфологического анализа впервые для церкарий и метацеркарий трематоды Cercaria fluviocinguli II Rybakov, 1989 обоснована принадлежность к роду *Maritrema* семейства Microphallidae. Установлены новые вторые промежуточные хозяева для *Maritrema* sp. – крабы *Hemigrapsus sanguineus*, *H. penicillatus*, *Cancer amphioetus*, крабоиды *Hapalogaster dentata* и раки-отшельники *Pagurus middendorffii*, *P. proximus*.

Ключевые слова: гельминты, паразитофауна, беспозвоночные, трематоды, Maritrema, *Hemigrapsus sanguineus*, *Pagurus middendorffii*, остров Русский, залив Петра Великого

Благодарности: мы выражаем благодарность студентам Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета (Дальрыбвтуз) Борушевскому И. В. и Полякову А. С., аспиранту Дальрыбвтуза Соломяному К. А. и главному специалисту дирекции Института рыболовства и аквакультуры (Дальрыбвтуз) Шульга Т. С. за их помощь в сборе материала в бухтах Аякс и Труда.

Финансирование: исследование выполнено в рамках темы НИР № 894/2025 «Паразитофауна гидробионтов прибрежной зоны северной части острова Русский» за счёт средств гранта для молодых учёных Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета.

Для цитирования: Вайнутис К. С., Воронова А. Н., Афанасьев К. А., Фоминов В. С., Буховец А. А. Гельминты беспозвоночных гидробионтов северного побережья острова Русский (залив Петра Великого, Японское море) // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 109–120.

© Вайнутис К. С., Воронова А. Н., Афанасьев К. А., Фоминов В. С., Буховец А. А., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 109–120.

Original article

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Helminths of invertebrate aquatic organisms of the northern coast of Russky island (Peter the Great bay, Sea of Japan)

Konstantin S. Vainutis[1], Anastasia N. Voronova[2], Konstantin A. Afanasev[3], Vladimir S. Fominov[4], Alexey A. Bukhovets[5]

[1,3,4,5] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[2] Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
[1] vainutisk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0650-6374
[2] avoronova92@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7571-0750
[3] kafanasev39@gmail.com; ORCID: 0009-0002-5009-727X
[4] vsfoma1209@gmail.com; ORCID: 0009-0001-5575-7938
[5] dragon.aleksei@yandex.ru; ORCID: 0009-0007-6817-943X

Abstract. This study presents the results of a parasitological examination of mass invertebrate species collected in 2024-2025 in the bays of the northern coast of Russky Island: Ajax, Posyet, Akhlyostycheva, Truda, Novik, Bezymyannaya. Over 1000 specimens of gastropods and bivalves, crabs, hermit crabs, and echinoderms were examined. Larval and mature stages of helminths were diagnosed using light microscopy. The species composition of the helminth fauna was determined. In 2025, we revealed the massive infestation of crustaceans with trematode metacercariae, the highest taxonomic diversity of helminths was recorded in the crabs Hemigrapsus sanguineus. Based on morphological analysis, the cercariae and metacercariae of Cercaria fluviocinguli II Rybakov, 1989, were assigned for the first time to the genus *Maritrema* (family Microphallidae). New second intermediate hosts for *Maritrema* sp. were identified: the shore crabs *Hemigrapsus sanguineus*, *H. penicillatus*, *Cancer amphioetus*, the stone crab *Hapalogaster dentata*, and the hermit crabs *Pagurus middendorffii* and *P. proximus.*

Keywords: helminths, parasite fauna, invertebrates, trematodes, nematodes, Maritrema, *Hemigrapsus sanguineus*, *Pagurus middendorffii*, Russky Island, Peter the Great Bay

Acknowledgments: we express our gratitude to the students of the Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Andrey S. Polyakov and Ivan V. Borushevsky, PhD student of FESTFU Solomyany K.A. and to chief specialist of the directorate of the Institute of Fisheries and Aquaculture (FESTFU) Tatiana S. Shulga for their assistance in material collection from the Ajax and Truda Bays.

Funding: the study was carried out within the framework of research project No. 894/2025 «Parasite fauna of hydrobionts in the coastal zone of the northern part of Russky Island», funded by a Young Scientists Grant from the Far Eastern State Technical Fisheries University.

For citation: Vainutis K. S., Voronova A. N., Afanasev K. A., Fominov V. S., Bukhovets A. A. Helminths of invertebrate aquatic organisms of the northern coast of Russky island (Peter the Great bay, Sea of Japan). *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 109–120. (In Russ.).

Введение

Стихийный и мозаичный характер изучения паразитов на юге Дальнего Востока России не позволяет в достаточной мере оценить степень распространения отдельных видов патогенов, которые могут нанести вред здоровью населения [1–6]. В 2025 г. таксономическое разнообразие было дополнено описанием нового вида морских трематод, *Alloopistholecithum*

sandugaense, из кишечника кеты и трёх новых семейств Lecithophyllidae, Stomachicolidae, Merlucciotrematidae [7, 8, 9]. В Амурском и Уссурийском заливах информация по паразитарным инвазиям имеет более рассеянный характер. Эти заливы характеризуются высоким биоразнообразием, однако паразитофауна многих групп гидробионтов, в особенности беспозвоночных – промежуточных хозяев гельминтов, изучена недостаточно полно [6, 10, 11]. Между тем именно моллюски и ракообразные играют ключевую роль в жизненных циклах многих паразитических червей, циркулирующих в прибрежных экосистемах. Не изучаются очаги опасных гельминтозов, ответственных за развитие серьёзных заболеваний человека при употреблении в пищу гидробионтов, как, например, парагонимоз – заболевание респираторной системы [12]. Проблема анизакидоза была подчеркнута после обнаружения на рынке г. Владивостока фарша камчатской нерки с личинками сельдевого червя *Anisakis simplex* [13].

Остров Русский является зоной активного отдыха и рыбной ловли населения Владивостока и прилегающих населённых пунктов, однако совершенно не изучен на предмет гельминтных и протозойных инвазий, способных нанести вред здоровью человека и морских гидробионтов. За последние пять лет лишь несколько работ посвящены изучению паразитов малако- и крустациофауны из прибрежной части Амурского и Уссурийского заливов в том числе острова Русский. В этих исследованиях Афанасьев и соавторы [10, 11, 14] и Вайнутис и соавторы [15] провели оценку индексов встречаемости и интенсивности инвазии паразитов прибрежных беспозвоночных мыса Ахлёстышева и бухты Новик. Результаты этих работ демонстрируют удивительную стабильность в составе паразитофауны прибрежных крабов в различных бухтах акватории Владивостока и острова Русский. Сообщества паразитов, включая метацеркарий *C. fluviocinguli* II, нематод *Heliconema anguillae* и корнеголовых раков *Polyascus polygenea*, сохраняют сходный видовой состав, хотя количественные показатели заражённости могут значительно варьировать в зависимости от сезона и локалитета [10, 11, 14].

На настоящий момент развёрнутое описание морфологии и жизненных циклов одноклеточных и многоклеточных паразитов гидробионтов острова Русский отсутствует. В качестве географической точки исследования был выбран северный участок прибрежной акватории острова Русский. Целью настоящей работы является описание жизненных циклов и видового состава паразитов массовых видов беспозвоночных гидробионтов из бухт северной части острова Русский с применением комплекса методов морфологического и микроскопического анализа.

Объекты и методы исследований

Материал собирали в период с середины весны (апрель) по начало осени (сентябрь) 2024–2025 гг. в бухтах северного побережья острова Русский: Аякс (43°03'09.2"N, 131°53'56.1"E), Поспелова (43°03'32.5"N, 131°54'00.9"E), Ахлёстышева (43°00'18.9"N, 131°55'37.0"E), Труда (43°02'47.5" N, 131°51'51.7" E), Новик (43°03'17.5"N, 131°51'08.3"E), Безымянная (43°03'39.7"N, 131°51'13.9"E) (рис. 1). Всего было обследовано 930 экземпляров беспозвоночных, относящихся к пяти таксономическим группам (табл. 1).

Паразитологический анализ проводили по общепринятым методикам. Брюхоногих моллюсков исследовали на выход церкарий путём рассаживания в чашках Петри с морской водой по четыре-шесть особей. Моллюсков оставляли при комнатной температуре в промежутке времени от получаса до трёх часов до момента выхода церкарий трематод. Максимальное время выдержки моллюсков в чашках Петри составило около семи дней в зависимости от степени заражённости. Ракообразных, двустворчатых моллюсков и иглокожих подвергали полному паразитологическому вскрытию в соответствии со стандартными методическими указаниями. Обнаруженных гельминтов фиксировали в 70 % этаноле. Для изучения морфологии и видовой идентификации гельминтов изготавливали тотальные препараты, заключая объекты в глицерин-желатину после осветления в растворе молочной кислоты и глицерина (1 : 1) или в канадский бальзам после окрашивания кармином [16].

Для оценки заражённости рассчитывали экстенсивность инвазии (ЭИ, %), интенсивность инвазии (ИИ, экз./хоз.) и индекс обилия (ИО, экз./хоз.) [17]. Таксономическую идентификацию проводили с использованием ключей и оригинальных описаний [18–20].

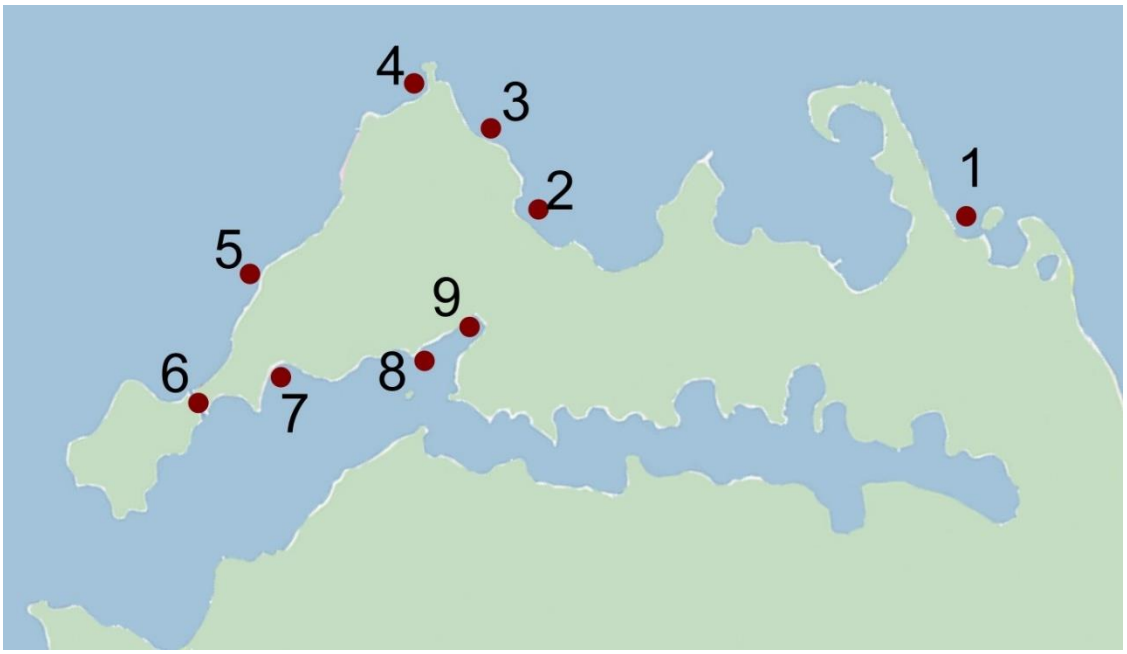


Рис. 1. Место сбора паразитологического материала с обозначением участков сбора беспозвоночных. Составлено авторами
Fig. 1. Location of parasitological material collection with indicated invertebrate sampling sites. Compiled by the authors

Таблица 1

Список обследованных беспозвоночных из северного побережья острова Русский

Table 1

List of invertebrates examined from the northern coast of Russky Island

Группа / Group	Обследованные виды / Examined species	Количество / Number of specimens	Локалитет*** / Locality
Ракообразные Crustacea	Азиатский прибрежный краб *Hemigrapsus sanguineus*	198	1–5
	Дальневосточный прибрежный краб *H. penicillatus*	31	1,2,4,5
	Овальный краб *Glebocarcinus amphioetus*	17	1,4
	Зубчатый крабоид-подкаменщик *Hapalogaster dentata*	5	1
	Рак-отшельник Миддендорфа *Pagurus middendorffii*	38	1,2,4
	Рак-отшельник ближайший *P. proximus*	12	1,2,4
Брюхоногие моллюски Gastropoda	*Littorina mandshurica*	488	1–6
	Nucella heyseana	67	1, 4
Двустворчатые моллюски Bivalvia	Устрицы *Magallana gigas*	10	4
	Тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*	15	1, 4

	Гребешок Свифта *Swiftopecten swiftii*	10	4
	Арка Боукарда *Arca boucardi*	10	4
Панцирные моллюски Polyplacophora	Лепидозона Альбрехта *Lepidozona albrechti*	5	1
Иглокожие Echinodermata	Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus*	4 ad*, 5 juv	1
	Кукумария *Cucumaria frondosa japonica*	2 ad, 3 juv	1
	Амурская морская звезда *Asterias amurensis*	5	
	Гребешковая патирия *Patiria pectinifera*	5	4
	Серый морской ёж *Strongylocentrotus intermedius*	5	4
	ИТОГО:	935	

* зрелые; ** ювенильные; *** 1 – Аякс; 2 – Поспелова; 3 – Ахлёстышева; 4 – Труда; 5 – Новик; 6 – Безымянная.

* adult; ** juvenile; *** 1 – Ajax; 2 – Pospelova; 3 – Akhlestysheva; 4 – Truda; 5 – Novik; 6 – Bezymyannaya.

Результаты и их обсуждение

1. Состав гельминтофауны и заражённость хозяев

В ходе исследований у беспозвоночных гидробионтов северного побережья острова Русский был выявлен комплекс гельминтов, включающий представителей трёх типов (табл. 2). Наибольшее разнообразие отмечено у прибрежных крабов (4 вида гельминтов), тогда как у панцирных (1 вид) и двустворчатых моллюсков (4 вида) и иглокожих (5 видов) гельминты не обнаружены. Отсутствие гельминтов у последних в обследованных бухтах может быть связано с особенностями их биологии и относительно благополучной эпизоотической обстановкой в данных локалитетах. Однако на примере бухты Труда можно отследить обширные симбиотические связи двустворчатых моллюсков, что проявляется массовым обрастанием из различных таксономических групп – офиуры, полихеты, морские жёлуди (балянусы). В целом в летний период балянусы встречались в каждой бухте на брюхоногих моллюсках *Littorina mandshurica* и крупных двустворчатых моллюсках. В бухте Безымянная заражённость моллюсков *L. mandshurica* (80 особей) церкариями не установлена. В канале, соединяющем бухты Новик и Безымянная (пролив Босфор Восточный) (43°03'37.9"N, 131°50'39.4"E), засвидетельствована нулевая встречаемость прибрежных беспозвоночных в летний период. Заражённость исследованных гидробионтов простейшими в указанных акваториях не зарегистрирована.

В бухтах Аякс, Поспелова, Ахлёстышева, Труда и Новик брюхоногие моллюски *L. mandshurica* и *Nucella heyseana* были заражены церкариями *Maritrema* sp. Наименьшие показатели инвазии наблюдались в начале апреля, тогда как в конце апреля – мае ЭИ в закрытых участках бухт (Аякс, Поспелова) превышала 50 %. Интенсивность выхода церкарий достигала 5000 и более особей на одного моллюска в сутки.

Впервые в солоноватом водоёме в составе бухты Труда у *L. mandshurica* были отмечены церкарии описторхиоидного типа, предположительно рода Metagonimus семейства Heterophyidae. В течение суток в лабораторных условиях наблюдали выход менее десяти церкарий на одного моллюска; на следующие сутки происходил полный отход описторхиоидных церкарий. Это можно объяснить низкой или практически полной неприспособленностью церкарий изначально пресноводных трематод к солёным водам.

Таблица 2

Видовой состав гельминтов беспозвоночных северного побережья острова Русский

Table 2

Species composition of helminths of invertebrates of the northern coast of Russky Island

Хозяин / Host	Выявленные гельминты / Detected helminths	Стадия / Stage
Hemigrapsus sanguineus	*Maritrema* sp.	метацеркария / metacercaria
	Heliconema anguillae	личинка L3 / larva L3
	Polyascus polygenea	взрослый / adult
	Anisakidae sp.	личинка L3
Littorina mandshurica	*Maritrema* sp.	церкария / cercaria
Nucella heyseana		
Hapalogaster dentata	*Maritrema* sp.	метацеркария / metacercaria
H. penicillatus		
Cancer amphioetus		
Pagurus middendorffii		
P. proximus	Anisakidae sp.	личинка L3 / larva L3

Раки-отшельники (*Pagurus middendorffii* и *Pagurus proximus*) оказались массово заражены метацеркариями трематод *Maritrema* sp. ЭИ в бухтах Аякс и Поспелова составила 65–80 %. Интенсивность инвазии варьировала от 5 до 50 метацеркарий на особь, локализуясь в полости тела и гемоцеле. Кроме того, в бухтах Аякс и Поспелова обнаружены нематоды семейства Anisakidae в *Pagurus proximus* с ЭИ выше 50 % и саккулины *Pagurus middendorffii* с ЭИ ниже 50 %.

Прибрежные крабы (*Hemigrapsus sanguineus*) демонстрировали сезонную динамику заражённости. Наибольшие показатели ЭИ и ИО для метацеркарий *Maritrema* sp. отмечались осенью в бухтах Ахлёстышева (ЭИ = 53 %, ИО = 2,53) и Новик (ЭИ = 69 %, ИО = 15,8). Заражённость *H. anguillae* и *P. polygenea* была выше весной в бухте Ахлёстышева.

Заражённость двустворчатых моллюсков простейшими в указанных акваториях не зарегистрирована. Отсутствие их заражения простейшими в бухтах северного побережья, однако, не означает их полное благополучие в акватории всего острова. Исследования, проведённые в бухте Воевода (южное побережье острова Русский), выявили заражённость приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* инфузориями рода *Trichodina* и зооспорангиями *Perkinsus* spp. [21]. Это различие может быть объяснено как биотопической неоднородностью побережья (более закрытая и прогреваемая бухта Воевода против открытых бухт севера), так и разной экологической пластичностью видов-хозяев. Наши данные по северному побережью тем не менее указывают на относительно благополучную эпизоотическую обстановку в отношении протозойных инвазий в обследованных биотопах и на необходимость дальнейшей оценки видового состава паразитов у гидробионтов южного побережья острова Русский. Как итог, следует провести сравнительную характеристику количественного и качественного состава паразитарных сообществ между северной и южной акваториями острова.

2. Таксономическая ревизия Maritrema sp. 1

Новая комбинация: Maritrema sp. 1 (Rybakov, 1989). Подкласс Digenea, отряд Plagiorchiida, подотряд Xiphidiata, надсемейство Microphalloidea, семейство Microphallidae, подсемейство Maritrematinae, род *Maritrema*.

Синоним: Cercaria fluviocinguli II Rybakov, 1989.

Первый промежуточный хозяин: брюхоногие моллюски *Littorina mandshurica, Nucella heyseana*; по данным Рыбакова [6] – *Fluviocingula nipponica*.

Второй промежуточный хозяин: крабы *Hemigrapsus sanguineus*, *H. penicillatus*, *Cancer amphioetus*; раки-отшельники *Pagurus middendorffii*.

Окончательный хозяин неизвестен: предположительно чайки (*Larus* spp.) и утиные (Anatidae).

Локализация в крабах: мускулатура ходильных ног и клешней, стенка кишечника.

Локалитет: бухты северной части острова Русский – Ахлёстышева, Труда, Новик, Аякс, Поспелова; Уссурийский залив – бухта Горностай; Амурский залив – пляж Чайка.

Ваучерные образцы: постоянные гистологические препараты церкарий и метацеркарий *Maritrema* sp. 1 являются частью гельминтологической коллекции лаборатории мониторинга инвазий водных биоресурсов кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Морфологическое описание (рис. 2). Тело метацеркарии относительно малых размеров, покрыто шипиками. Передняя часть тела контрактильная, равной ширины, сужается на переднем конце, расширяется в преацетабулярной зоне на уровне половой бурсы. Имеется короткий префаринкс, который составляет примерно четверть от длины пищевода. Бифуркация пищевода перед половой бурсой. Короткие кишечные ветви достигают брюшной присоски или слегка заходят за её пределы в заднюю часть тела. Удлинённая половая бурса в преацетабулярном регионе, её задняя часть слегка заходит в заднюю часть тела. Семенники в передней или средней трети задней части тела, субсимметричные, овальные. Яичник претестикулярный, его передний край на уровне заднего края брюшной присоски или её середины. Желточные фолликулы опоясывают заднюю часть тела по вентральной стороне, прерываясь на передней и задней границах. Яйца отсутствуют.

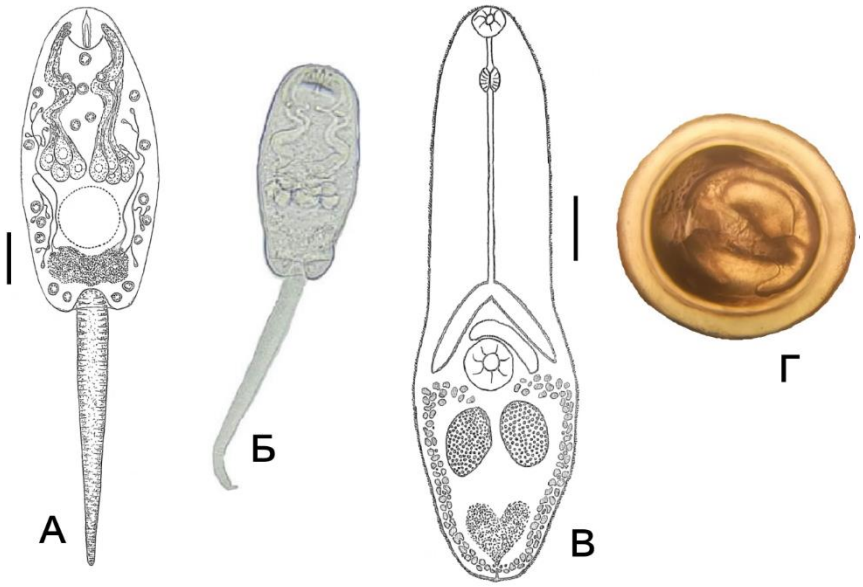


Рис. 2. Личиночные стадии трематод, обнаруженные в прибрежных крабах и моллюсках: А – рисунок церкарии *Maritrema* sp. 1 из *Littorina mandshurica*, масштабная линейка – 35 мкм; Б – микрофотография церкарии *Maritrema* sp. 1 из *Littorina mandshurica*; В – эксцистированная метацеркария *Maritrema* sp. 1 из краба *H. sanguineus*, масштабная линейка – 100 мкм; Г – инцистированная метацеркария *Maritrema* sp. 1 из краба *H. Sanguineus.* Составлено авторами

Fig. 2. Larval stages of trematodes found in shore crabs and mollusks: A – line drawing of cercaria of *Maritrema* sp. 1 from *Littorina mandshurica,* scale bar – 35 μm; Б – microphotograph of cercaria of *Maritrema* sp. 1 from *Littorina mandshurica*; B – excysted metacercaria of *Maritrema* sp. 1 from the crab *H. sanguineus,* scale bar – 100 μm; Г – encysted metacercaria of *Maritrema* sp. 1 from the crab *H. sanguineus.* Compiled by the authors

Замечания. На основе изучения препаратов церкарий и метацеркарий, собранных из моллюсков и крабов, проведена морфологическая ревизия личиночных стадий, ранее идентифицируемых как *Cercaria fluviocinguli* II [22]. Установлена их принадлежность к роду *Maritrema* Nicoll, 1907 и новая таксономическая комбинация *Maritrema* sp. 1, которая является важным шагом в систематике трематод семейства Microphallidae на Дальнем Востоке России. Наши данные не только расширяют знания о его жизненном цикле, но и позволяют корректно позиционировать его в системе Microphallidae. Морфология метацеркарий хорошо согласуется с диагнозом рода *Maritrema* на основе многочисленных описаний [19, 20, 22, 24] и демонстрирует отличия от других тихоокеанских видов, таких как *M. novaezealandensis* [23] и *M. jebuensis* [24]. Виды *M. eroliae, M. magnicirrus* и *M. sachalinicum*, обнаруженные в Дальневосточном регионе (Япония; Россия – Сахалин, Приморье, Хабаровский край) [19, 20], не соответствуют нашим образцам по морфологическому критерию, поэтому трематод, найденных на острове Русский, мы оставляем в комбинации *Maritrema* sp. 1 до получения генетических данных для более точной идентификации.

Кроме того, выявление массовой заражённости раков-отшельников *Pagurus middendorffii* метацеркариями трематод *Maritrema* sp. 1 представляет особый интерес. Раки-отшельники, являясь массовыми обитателями литорали, вероятно, играют значительную роль в циркуляции этих паразитов. При этом Белопольская [19] указывала *M. afanassejewi*, мариты которых поражают кишечник собакообразных животных на севере Дальнего Востока России, что придаёт большей значимости этой группе трематод в связи с распространением через млекопитающих. Вероятно, адаптация некоторых *Maritrema* spp. к млекопитающим и птицам указывает на более богатый спектр окончательных хозяев также при условии, что разнообразие вторых промежуточных хозяев велико – балянусы, амфиподы, изоподы, крабы, раки-отшельники [19, 20, 26–29]. Среди трематод известно немало примеров, когда один и тот же вид способен поражать млекопитающих и птиц, как в случае с представителями Heterophyidae (*Metagonimus* spp. и *Centrocestus armatus*), в том числе человека [30,31]; собакообразных и человека на примере *Nanophyetus* spp. [32, 33]. Таким образом, следует поднять вопрос о возможной передаче человеку трематод *Maritrema* spp., но только в случае употребления в пищу прибрежных крабов в сыром виде. Однако не известно, способны ли выдержать цисты метацеркарий этих трематод термическую обработку, что требует обязательной проверки в лабораторных условиях.

Заключение

Проведённое исследование впервые даёт комплексную характеристику гельминтофауны беспозвоночных северного побережья острова Русский. Выявленное разнообразие гельминтов отражает сложность трофических связей в прибрежных экосистемах залива Петра Великого. Впервые получены данные о качественном и количественном составе гельминтов массовых видов беспозвоночных северного побережья острова Русский. Наибольшее таксономическое разнообразие зарегистрировано у прибрежных крабов *Hemigrapsus sanguineus*. Проведённый анализ выявил сходство видового состава гельминтов, что подтверждается находкой церкарий и метацеркарий *Maritrema* sp. 1 (=*Cercaria fluviocinguli* II) из семейства Microphallidae. Впервые установлены вторые промежуточные хозяева для *Maritrema* sp. 1 – крабы *Hemigrapsus sanguineus, H. penicillatus, Cancer amphioetus* и раки-отшельники *Pagurus middendorffii* и *P. proximus*.

Для полной реконструкции жизненных циклов выявленных гельминтов и уточнения их таксономического статуса необходимы дальнейшие исследования с применением молекулярно-генетических методов.

Список источников

1. Вайнутис, К. С. Исследование гельминтофауны реки Болотная и пойменного озера близ поселка Соловей-Ключ (Надеждинский район, Приморский край) / Вайнутис К. С., Воронова А. Н. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 1(215). С. 94–101. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2021_215_01_09.

2. Вайнутис К. С., Андреев М. Е., Воронова А. Н. Гельминтофауна нерестящейся кеты Oncorhynchus keta из трёх рек на юге Приморского края // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : сборник статей. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2024. С. 58–62. http://dx.doi.org/10.48612/dalrybvtuz/mntk-wo-2024-06.

3. Вайнутис К. С., Беляев В. П., Афанасьев К. А., Фомина С. А. Распределение ихтиопаразитов реки Артёмовки по фаунистическим комплексам // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 124–133. http://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-12.

4. Беляев В. П., Вайнутис К. С., Афанасьев К. А., Фомина С. А., Фоминов В. С. Паразитофауна некоторых видов гидробионтов озера Чан в городе Владивосток // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 105–114. http://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-10.

5. Андреев М. Е., Воронова А. Н., Вайнутис К. С. Особенности паразитофауны Лучегорского водохранилища в осенний период // VIII Дружининские чтения : сборник статей. Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2023. С. 11–14.

6. Вайнутис К. С., Фоминов В. С. Паразитологический мониторинг рыб любительского и спортивного лова в заливе Петра Великого с 2022 по 2023 гг. // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы конф. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2024. С. 32–37.

7. Vainutis, K. S. New insights in the systematics of the Hemiuroidea (Digenea: Hemiurata) based on the integrative taxonomy approach / Vainutis K. S., Voronova A. N. // Systematic Parasitology. 2025. Vol. 102. Is. 2. P. 1–31. https://doi.org/10.1007/s11230-024-10209-5.

8. Vainutis, K. S. New nomenclatural acts in the family Lecithasteridae (Digenea: Hemiuroidea). / Vainutis K. S., Voronova A. N. // Systematic Parasitology. 2025. Vol. 102. Is. 2, № 29. https://doi.org/10.1007/s11230-025-10228-w.

9. Ivashko, Y. I. A family concept for the genus Stomachicola Yamaguti, 1934 (Digenea: Hemiuroidea) and new hemiuroid species from marine fishes of Vietnam / Ivashko Y. I., Atopkin D. M., Van Ha N., Van Hien H., Besprozvannykh V. V. // Parasitology International. 2025. Vol. 111. 103170. https://doi.org/10.1016/j.parint.2025.103170.

10. Афанасьев К. А., Фомина С. А., Щербатов В. В., Вайнутис К. С. Предварительный анализ паразитофауны Hemigrapsus sanguineus в заливе Петра Великого // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации : сборник статей. Саратов : Вавиловский университет, 2024. С. 8–13.

11. Афанасьев К. А., Фомина С. А., Щербатов В. В., Буховец А. А., Вайнутис К. С. Анализ сообществ паразитов и комменсалов популяций Hemigrapsus sanguineus в акватории залива Петра Великого // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы конф. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2024. С. 11–17. http://dx.doi.org/10.48612/dalrybvtuz/nntk-2024-02.

12. Воронова, А. Н. К пониманию таксономической структуры комплекса Paragonimus westermani с описанием эпидемиологии, клиники и лечения парагонимоза на юге Дальнего Востока России / Воронова А. Н., Вайнутис К. С., Попов А. Ф. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2023. Вып. 3. С. 9–16. http://dx.doi.org/10.33092/0025-8326mp2023.3.9-16.

13. Safonova, A. E. First report on molecular identification of Anisakis simplex in Oncorhynchus nerka from the fish market, with taxonomical issues within Anisakidae / Safonova A. E., Voronova A. N., Vainutis K. S. // Journal of Nematology. 2021. Vol. 53. № e2021-023. http://dx.doi.org/10.21307/jofnem-2021-023.

14. Вайнутис К. С., Афанасьев К. А., Фоминов В. С., Буховец А. А. Предварительный анализ паразитофауны гидробионтов прибрежной зоны бухт Поспелова и Аякс острова Русский // Морская биология в 21 веке : сборник статей. Владивосток : ННЦМБ ДВО РАН, 2025. С. 61–63.

15. Афанасьев К. А., Фомина С. А., Буховец А. А., Вайнутис К. С. Оценка заражаемости брюхоногих моллюсков и прибрежных крабов личиночными стадиями Cercaria fluviocinguli II // Комплексные исследования в рыбной отрасли : материалы конф. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2025. С. 3–7.

16. Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. Микроскопическая техника. М. : Советская наука, 1957. 476 с.

17. Млынар, Е. В. Экологические факторы зараженности амурского язя Leuciscus waleckii метацеркариями трематод в бассейне реки Амур / Млынар Е. В., Трускова Г. М., Хованский И. Е. // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3.

18. Мозговой А. А. Аскаридаты животных и человека и вызываемые ими заболевания. Кн. 2. Основы нематодологии. Т. 2. Ч. 2. М. : Издательство АН СССР, 1953.

19. Белопольская М. М. Трематоды семейства Microphallidae Travassos, 1920 // Скрябин К. И. (ред.) Трематоды животных и человека. Основы трематодологии. Т. 6. Aspidogastrea, Heterophyoidea, Microphallidae. М. : Издательство АН СССР, 1952.

20. Белопольская М. М. Семейство Microphallidae Travassos, 1920 // Скрябин К. И. (ред.) Трематоды животных и человека. Основы трематодологии. Т. 21. Brachycoeliidae, Pachypsolidae, Mesometridae, Orientocreadiidae, Telorchidae, Microphallidae. М. : Издательство АН СССР, 1963.

21. Гаврилова, Г. С. Результаты исследований состояния приморского гребешка (Mizuhopecten yessoensis) на плантациях марикультуры Приморья / Г. С. Гаврилова, З. И. Мотора, С. Е. Поздняков // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201, № 4. С. 895–909. https://doi.org/10.26428/1606-9919-2021-201-895-909.

22. Рыбаков А. В. Гельминтофауна Fluviocingula nipponica (Gastropoda: Fairbancidae) в заливе Петра Великого Японского моря // Паразитологические исследования. 1989. С. 120–123.

23. Martorelli, S. R. Description and proposed life cycle of Maritrema novaezealandensis n. sp. (Microphallidae) parasitic in red-billed gulls, Larus novaehollandiae scopulinus, from Otago Harbor, South Island, New Zealand. / Martorelli S. R., Fredensborg B. L., Mouritsen K. N., Poulin R. // The Journal of parasitology. 2004. Vol. 90. Is. 2. P. 272–277. https://doi.org/10.1645/GE-3254.

24. Chung, O. S. Discovery of Maritrema jebuensis n. sp. (Digenea: Microphallidae) from the Asian Shore Crab, Hemigrapsus sanguineus, in Korea / Chung O. S., Lee H. J., Sohn W. M., Lee S. H., Park I. Y., Oh S. A., Chai J. Y., Seo M. // The Korean journal of parasitology. 2010. Vol. 48. Is. 4. P. 335–338. https://doi.org/10.3347/kjp.2010.48.4.335.

25. Presswell, B. Two new species of Maritrema Nicoll, 1907 (Digenea: Microphallidae) from New Zealand: morphological and molecular characterization / Presswell B., Blasco-Costa I., Kostadinova A. // Parasitology research. 2014. Vol. 113. Is. 5. P. 1641–1656. https://doi.org/10.1007/s00436-014-3809-9.

26. Popiel I. A description of the metacercaria of Maritrema arenaria Hadley & Castle, 1940 (Digenea: Microphallidae) from Balanus balanoides (L.) in Britain // Cah Biol mar. 1976. Vol. 17. Pp. 411–412.

27. Diaz, J. I. Development from metacercaria to adult of a new species of Maritrema (Digenea: Microphallidae) parasitic in the kelp gull, Larus dominicanus, from the Patagonian coast, Argentina

/ Diaz J. I., Cremonte F. // The Journal of parasitology. 2010. Vol. 96. Is. 4. P. 740–745. https://doi.org/10.1645/GE-2343.1.

28. Rauque C. A. Maritrema patagonica n. sp. (Digenea: Microphallidae) cultured from Metacercariae from Freshwater Anomuran, Aegla spp. (Decapoda: Aeglidae), in Patagonia / Rauque C. A., Flores V. R., Brugni N. L. // Comparative Parasitology. 2013. Vol. 80. Is. 2. P. 196–202. https://doi.org/10.1654/4624.1.

29. Chuang, Y. In vitro culture and confocal microscopy study of Maritrema gratiosum Nicoll, 1907 (Digenea): From metacercaria to ovigerous adult / Chuang Y., Shinn A. P., Bron J. E. // Parasitology research. 2025. Vol. 124. Is. 1, No. 3. https://doi.org/10.1007/s00436-024-08446-0.

30. Chai J. Y., Jung B. K. Fishborne zoonotic heterophyid infections: An update // Food and Waterborne Parasitology. 2017. Vol. 8–9. P. 33–63. https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2017.09.001.

31. Hong, S. J. A human case of Centrocestus armatus infection in Korea. Kisaengch'unghak chapchi / Hong S. J., Seo B. S., Lee S. H., Chai J. Y. // The Korean journal of parasitology. 1988. Vol. 26. Is. 1. P. 55–60. https://doi.org/10.3347/kjp.1988.26.1.55.

32. Voronova, A. N. Genetic diversity and phylogenetic relations of salmon trematode Nanophyetus japonensis / Voronova A. N., Chelomina G. N. // Parasitology international. 2018. Vol. 67. Is. 3. P. 267–276. https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.01.002.

33. Voronova, A. N. The High Divergence of Two Morphologically Similar Trematode Species of the Genus Nanophyetus of Salmonids from the Data of mtDNA nad1 Gene Sequences / Voronova A. N., Chelomina G. N. // Russ J Mar Biol. 2018. Vol. 44. P. 122–126. https://doi.org/10.1134/S106307401802013X.

Сведения об авторах

К. С. Вайнутис – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», председатель совета молодых учёных Дальрыбвтуза, член Паразитологического общества РАН, член ВОФРГ, SPIN-код: 5855-6028, AuthorID: 1025933, ScopusID: 57201490910, ResearcherID: E-2919-2018, ColabID: R-38611-0C78A-ON34E.

А. Н. Воронова – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Междисциплинарного научно-исследовательского центра, Член ВОФРГ, SPIN-код: 3863-4021, AuthorID: 851620, ScopusID: 57110173400, ResearcherID: N-3114-2019, CoLabID: R-3D363-00000-GC81U.

К. А. Афанасьев – студент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», председатель студенческого научного общества, SPIN-код: 9271-4762, AuthorID: 1290474.

В. С. Фоминов – лаборант аквариальной кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»; секретарь совета молодых учёных.

А. А. Буховец – студент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», член студенческого научного общества.

Information about the authors

K. S. Vainutis – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Chairman of the Council of Young Scientists of the Far Eastern Federal University of Fisheries, Member of the Parasitological Society of the Russian Academy of Sciences, Member of the All-Russian Society of German Fisheries, SPIN-code: 5855-6028, AuthorID: 1025933, ScopusID: 57201490910, ResearcherID: E-2919-2018, ColabID: R-38611-0C78A-ON34E.

A. N. Voronova – PhD in Biological Sciences, Leading Researcher of the Interdisciplinary Research Center, Member of the All-Russian Society of German Fisheries, SPIN-code: 3863-4021, AuthorID: 851620, ScopusID: 57110173400, ResearcherID: N-3114-2019 CoLabID: R-3D363-00000-GC81U.

K. A. Afanasev – Student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Chairman of the student scientific society, SPIN-code: 9271-4762, AuthorID: 1290474.

V. S. Fominov – Laboratory assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Secretary of the young scientists' council.

A. A. Bukhovets – Student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Member of the student scientific society.

Вклад авторов

Вайнутис К. С. – концептуализация, курирование данных, администрирование проекта, сбор материала, обработка материала, формальный анализ, написание статьи, научное редактирование текста.

Воронова А. Н. – концептуализация, сбор материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Афанасьев К. А. – сбор материала, обработка материала, формальный анализ, научное редактирование текста.

Фоминов В. С., Буховец А. А. – сбор материала, обработка материала.

Contributions of the authors

Vainutis K. S. – conceptualization, data curation, project administration, investigation, formal analysis, writing – original draft, writing – review & editing.

Voronova A. N. – conceptualization, investigation, writing – original draft, writing – review & editing.

Afanasev K.A. – investigation, formal analysis, writing – review & editing.

Fominov V. S., Bukhovets A. A. – investigation.

Статья поступила в редакцию 23.11.2025; одобрена после рецензирования 01.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 23.11.2025; approved after reviewing 01.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 121–127.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-12 EDN: SMJXWK

Анализ распределения квот добычи (вылова) терпугов в Восточно-Камчатской зоне

Ксения Александровна Грибова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
gribova.ka@dgtru.ru

Аннотация. Проводится всесторонний анализ распределения квот на добычу (вылов) терпугов в Восточно-Камчатской промысловой зоне. Основное внимание уделяется динамике распределения объемов общего допустимого улова (ОДУ) и фактическому вылову, что позволяет оценить степень освоения промыслового ресурса, распределению ОДУ по видам квот и долевому распределению квот между пользователями в период с 2020 по 2024 гг.

Ключевые слова: терпуги, Восточно-Камчатская зона, Карагинская и Петропавловско-Командорская подзоны, объемы ОДУ, объемы вылова, степень освоения, виды квот, квоты добычи (вылова), пользователи

Для цитирования: Грибова К. А. Анализ распределения квот добычи (вылова) терпугов в Восточно-Камчатской зоне // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 121–127.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 121–127.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of terpuges in the East Kamchatka zone

Ksenia A. Gribova
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
gribova.ka@dgtru.ru

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of terpuges in the East Kamchatka fishing zone. The main focus is on the dynamics of the distribution of the total allowable catch (TAC) and the actual catch, which makes it possible to assess the degree of development of the fishing resource, the distribution of TAC by type of quotas and the shared distribution of quotas among users in the period from 2020 to 2024.

Keywords: terpuges, East Kamchatka zone, Karaginsky and Petropavlovsk-Komandorska subzones, TAC volumes, catch volumes, degree of development, types of quotas, harvest (catch) quotas, users

© Грибова К. А., 2025

For citation: Gribova K. A. Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of terpuges in the East Kamchatka zone. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 121–127. (In Russ.).

Введение

Анализ распределения квот добычи (вылова) терпугов среди пользователей в Восточно-Камчатской промысловой зоне представляет собой ключевой этап в комплексных исследованиях, направленных на оптимизацию и повышение эффективности освоения ресурсного потенциала многовидовой промысловой системы данного промыслового района. Эти исследования проводятся автором в рамках обширной научной программы, охватывающей широкий спектр вопросов, связанных с рациональным использованием водных биологических ресурсов [1–8].

Объекты и методы исследования

Исследование опирается на данные, полученные в ходе тщательного анализа нормативно-правовых актов и отраслевой статистики Росрыболовства за период с 2020 по 2024 гг., содержащие информацию о состоянии рыбохозяйственного комплекса и его ключевых показателях [10–13]. Такой подход позволил получить всестороннее представление о текущем состоянии и перспективах развития рыбного хозяйства, а также выявить основные проблемы и направления для дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы и управленческих решений в данной сфере.

Результаты и их обсуждения

В период с 2020 по 2024 гг. в подзонах Карагинской и Петропавловско-Командорской, образующих промысловую зону Восточно-Камчатскую, на промысловый объект – терпуги – ежегодно устанавливались объемы ОДУ (рис. 1) [10]. В 2020 г. объем ОДУ в Карагинской подзоне составил 1500 т, а в Петропавловско-Командорской – 6400 т. В 2021 г. эти показатели снизились до 1200 и 6200 т соответственно. В 2022 г. объемы ОДУ в обеих подзонах выросли: в Карагинской до 1385 т, а в Петропавловско-Командорской до 6400 т. В 2023 г. объем ОДУ в Карагинской подзоне снизился до 1180 т, в то время как в Петропавловско-Командорской он достиг 6500 т. В 2024 г. в Карагинской подзоне объем ОДУ значительно увеличился до 4760 т, а в Петропавловско-Командорской – до 11700 т.

Анализ динамики объемов ОДУ терпуга в Карагинской подзоне демонстрирует волнообразный характер изменений в диапазоне от 1180 до 1500 т в период с 2020 по 2023 гг. В 2024 г. произошло значительное увеличение объема ОДУ до 4760 т, что на 3580 т превышает показатель предыдущего года. В Петропавловско-Командорской подзоне наблюдается снижение объемов ОДУ на 200 т в период с 2020 по 2021 гг., после чего отмечается рост до 11700 т в 2024 г., что в 1,8 раза превышает уровень 2023 г.

Таким образом, в Восточно-Камчатской зоне в период с 2020 по 2023 гг. значения объемов ОДУ терпугов варьировались в диапазоне от 7400 до 7900 т. В 2024 г. произошло резкое увеличение объемов ОДУ до 16460 т, что на 8780 т превышает показатель предыдущего года.



Рис. 1. Объемы ОДУ терпугов в Восточно-Камчатской зоне, т. Составлено автором
Fig. 1. Volumes of the TAC of terpuges in the East Kamchatka zone, tons. Compiled by the author

В рамках анализа динамики изменений объемов вылова терпугов в подзонах Восточно-Камчатской зоны за исследуемый период наблюдается волнообразная тенденция с общим ростом показателей. Так, в Карагинской подзоне наблюдался прирост вылова на 2021 т, увеличившись с 1434 т в 2020 г. до 3455 т к 2024 г. В Петропавловско-Командорской подзоне аналогичная динамика характеризовалась приростом на 3571 т, с 6102 т в 2020 г. до 9673 т в 2024 г. Эти данные свидетельствуют о том, что в Восточно-Камчатской зоне в целом наблюдалась аналогичная динамика вылова терпуга. Значения объемов вылова терпугов в указанной зоне варьировались в диапазоне от 6941 до 13128 т (рис. 2).

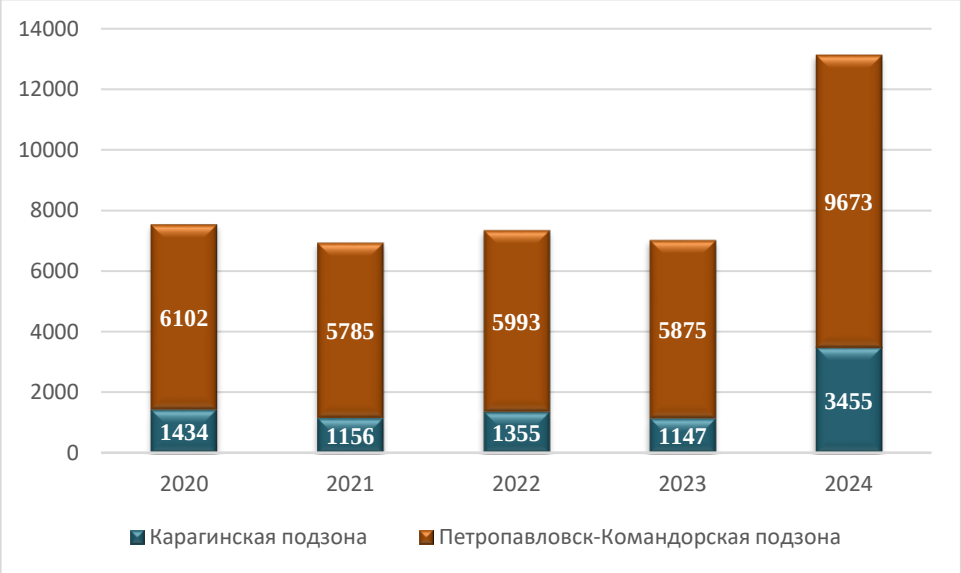


Рис. 2. Объемы вылова терпугов в Восточно-Камчатской зоне, т. Составлено автором
Fig. 2. Volumes of terpuges catch in the East Kamchatka zone, tons. Compiled by the author

В ходе исследования было выявлено, что ежегодные колебания объемов ОДУ и фактических объемов вылова в подзонах Восточно-Камчатской зоны не оказали значительного негативного влияния на степень освоения терпугов в рассматриваемый период. В частности, показатели степени освоения терпугов в Карагинской подзоне варьировались в диапазоне от 73 до

98%, а в Петропавловско-Командорской подзоне – от 83 до 95%. В результате в среднем за анализируемый период степень освоения терпугов в Восточно-Камчатской зоне составила 90 %, это свидетельствует о высокой адаптивности рыбопромысловой системы на изменения рыбопромысловых параметров.

Распределение объемов ОДУ терпугов по видам квот добычи (вылова) в подзонах Восточно-Камчатской зоны в период 2020–2024 гг. [12] представлено на рис. 3, где даны следующие сокращения, используемые далее по тексту:

Пром.Р и(или) Приб.Р – квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления промышленного рыболовства и (или) прибрежного рыболовства;

НИиКЦ – квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях;

ИЦ – квоты добычи (вылова) ВБР, предоставленные в инвестиционных целях в области рыболовства, для осуществления промышленного рыболовства и (или) прибрежного рыболовства;

КМНС – квоты добычи (вылова) ВБР в целях обеспечения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ;

ЛР – квоты добычи (вылова) ВБР для организации любительского рыболовства;

УКПЦ – квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления рыболовства в учебных и культурно-просветительских целях.

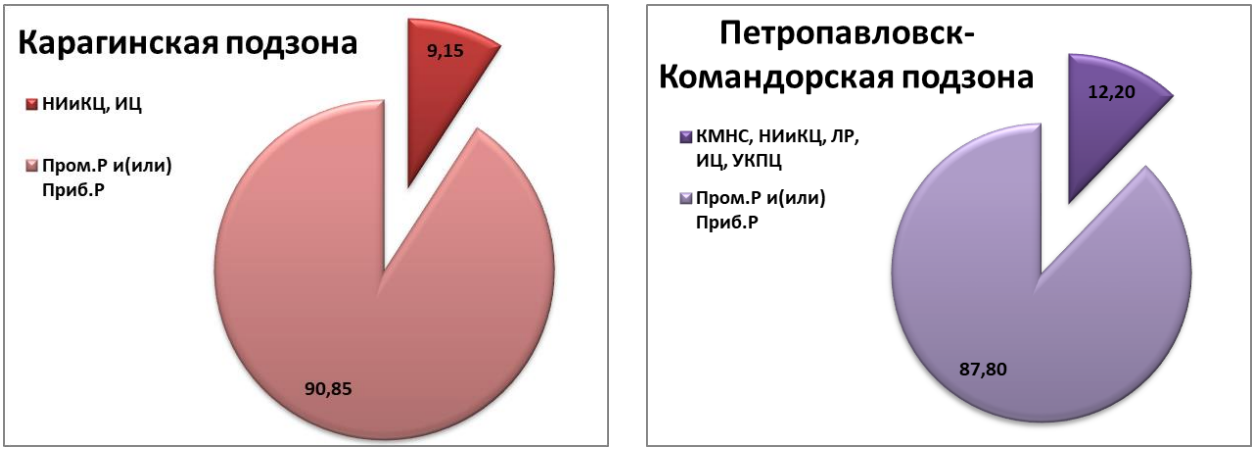


Рис. 3. Средневзвешенный удельный вес видового состава квот добычи (вылова) терпугов в Восточно-Камчатской зоне в период 2020–2024 гг., %. Составлено автором

Fig. 3. Weighted average specific weight of the species composition of quotas for extraction (catch) of terpuges in the East Kamchatka zone in the period 2020–2024, %. Compiled by the author

Установлено, что ежегодно в Карагинской подзоне квоты добычи (вылова) распределялись по трем видам квот, где 90,85 % приходилось на квоты добычи (вылова) Пром.Р и(или) Приб.Р, остальные 9,15 % приходились на квоты добычи (вылова) НИиКЦ (0,06 %) и ИЦ (9,09 %). В Петропавловско-Командорской подзоне на протяжении 5 лет квоты добычи (вылова) терпугов распределялись по пяти видам квот, где 87,8 % приходилось на квоты добычи (вылова) Пром.Р и(или) Приб.Р, остальные 12,2 % приходились на квоты добычи (вылова) КМНС (1,96 %), НИиКЦ (0,09 %), ЛР (0,3 %), ИЦ (9,85 %), а также в 2023 г. ОДУ терпугов был распределен на квоты добычи (вылова) в УКПЦ в размере 0,02 т, что составляет от общего объема распределенных квот добычи (вылова) 0,00005 %. Очевидно, что в обеих подзонах преобладающими видами квот добычи (вылова) терпугов в период 2020–2024 гг. являлись квоты Пром.Р и(или) Приб.Р.

Квоты добычи (вылова) Пром.Р и Приб.Р терпугов в Карагинской подзоне в 2020 и 2021 гг. распределялись в соотношении 99,7 и 0,3 % соответственно, далее в период 2022–2024 гг. квоты устанавливались только на Пром.Р. В Петропавловско-Командорской подзоне соотношение квот добычи (вылова) Пром.Р и Приб.Р ежегодно изменялось в пределах 83,5–88 и 12–16,5 % соответственно. В целом в Восточно-Камчатской зоне с 2020 по 2024 гг. распределение объемов квот добычи (вылова) Пром.Р и Приб.Р производилось в соотношении 86,1–91,5 и 8,5–13,9 % соответственно.

Динамика распределения объемов квот добычи (вылова) Пром.Р и Приб.Р терпугов в период 2020–2024 гг. в подзонах Восточно-Камчатской зоны представлена на рис. 4 [13].

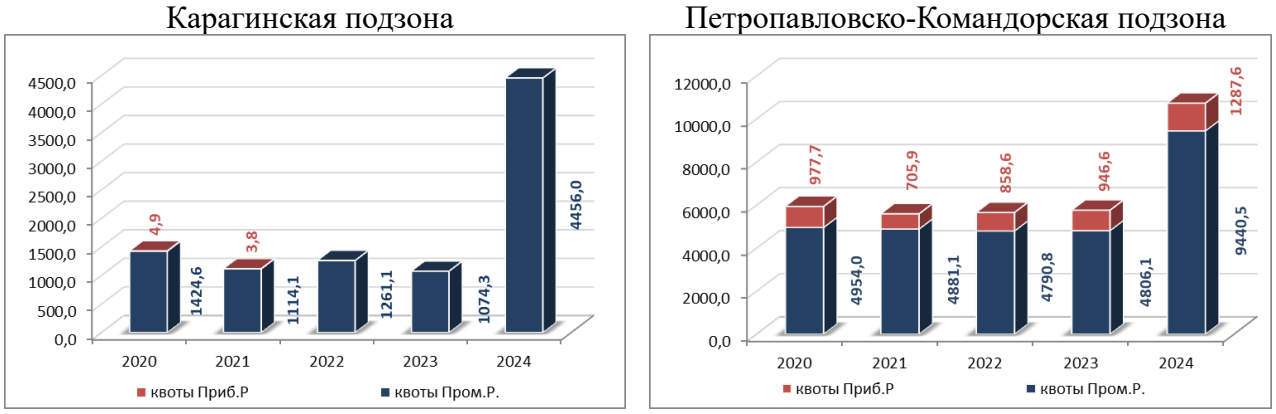


Рис. 4. Динамика распределения объемов квот добычи (вылова) Пром.Р и Приб.Р в подзонах Восточно-Камчатской зоны в период 2020–2024 гг., т. Составлено автором

Fig. 4. Dynamics of the distribution of production (catch) quotas for industrial and coastal fisheries in the subzones of the East Kamchatka zone in the period 2020–2024, tons. Compiled by the author

Таким образом, объемы квот добычи (вылова) Приб.Р терпугов в Карагинской подзоне устанавливались в размере 4,9 т в 2020 г., 3,8 т – в 2021 г. В Петропавловско-Командорской подзоне динамика распределения квот добычи (вылова) Приб.Р терпугов в период 2020–2024 гг. имела волнообразный характер, значения объемов квот изменялись в пределах от 705,9 до 1287,6 т. Пользовательский состав, наделенный долями квот добычи (вылова) Приб.Р терпугов в Петропавловско-Командорской подзоне, претерпел незначительные изменения в период 2020–2024 гг., так, количество пользователей в 2020 г. составляло 27 ед., в 2021 г. – 22 ед., в 2022 и 2023 гг. – 23 ед., в 2024 г. – 24 ед. В Карагинской подзоне долями квот добычи (вылова) Приб.Р терпугов в 2020 и 2021 гг. был наделен один пользователь.

Объемы квот добычи (вылова) Пром.Р терпугов в Карагинской подзоне в период 2020–2024 гг. изменялись волнообразно в пределах значений от 1074,3 до 4456 т. Пользовательский состав Карагинской подзоны в 2020–2021 гг. включал в себя трех пользователей, а в период 2022–2024 гг. – двух пользователей. В Петропавловско-Командорской подзоне объемы квот добычи (вылова) Пром.Р терпугов в период 2020–2022 гг. снижались от значения 4954 т в 2020 г. до 4790,8 т в 2022 г., в период 2023–2024 гг. наблюдалось повышение объемов квот от 4806,1 т в 2023 г. до 9440,5 т в 2024 г. Пользовательский состав, наделенный долями квот добычи (вылова) Пром.Р терпугов в Петропавловско-Командорской подзоне в период 2020–2024 гг., имел общую тенденцию снижения. Так, в 2020 г. количество пользователей составило 10 ед., в 2021 г. – 13 ед., в 2022 и 2023 гг. – 9 ед., в 2024 г. – 5 ед. пользователей.

Заключение

В результате проведенного комплексного исследования было установлено, что в период 2020–2024 гг. в Восточно-Камчатской промысловой зоне была зафиксирована устойчивая тенденция к увеличению ключевых показателей рыбохозяйственной деятельности, включающая объемы ОДУ и объемы вылова терпугов. Уровень освоения терпуга характеризовался высокой степенью в указанный временной промежуток. Доминирующими видами квот добычи (вылова) терпугов являлись квоты Пром.Р и(или) Приб.Р. Полученные аналитические данные имеют важное значение для разработки рекомендаций по оптимизации рыболовной деятельности и сохранению биоразнообразия в данном промысловом районе.

Список источников

1. Грибова, К. А. Анализ современного состояния добычи водных биологических ресурсов в многовидовой промысловой системе Восточно-Камчатская промысловая зона в период 2013–2018 годы / К. А. Грибова, С. В. Лисиенко // Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 41–44. DOI 10.37663/0131-6184-2020-1-41-44. EDN VHAZRV.

2. Лисиенко, С. В. Промысловая зона как базисный объект системного исследования при формировании современного подхода к организации, планированию и управлению процессами и системами промышленного рыболовства (на примере Восточно-Камчатской зоны Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна) / С. В. Лисиенко, К. А. Грибова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 27–39. DOI 10.24143/2073-5529-2020-3-27-39. EDN TGWDRM.

3. Лисиенко, С. В. Анализ освоения долей квот добычи гидробионтов пользователями в многовидовой промысловой системе в период 2015–2019 годов (на примере освоения макруруса) / С. В. Лисиенко, К. А. Грибова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции : в 2 ч., Петропавловск-Камчатский, 28–29 апреля 2021 года / Отв. за выпуск Т. А. Клочкова. Том Часть I. Петропавловск-Камчатский : Камчатский государственный технический университет, 2021. С. 110–113. EDN LMRPCY.

4. Грибова К. А. Динамика освоения некоторых промысловых объектов в Восточно-Камчатской зоне, на которые устанавливался ОДУ в период 2010–2019 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 58, № 4. С. 5–15. EDN BMLLGS.

5. Лисиенко, С. В. Распределения объемов квот добычи (вылова) минтая по пользователям в Восточно-Камчатской зоне / С. В. Лисиенко, К. А. Грибова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 104–114. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2023-66-13. EDN WPYZGT.

6. Лисиенко, С. В. Анализ распределения объемов квот добычи (вылова) тихоокеанской трески в Восточно-Камчатской зоне / С. В. Лисиенко, К. А. Грибова // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы VII Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 22 декабря 2023 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2024. С. 39–44. EDN VYAZLJ.

7. Грибова, К. А. Анализ распределения объемов квот добычи (вылова) палтуса белокорого и (или) палтуса черного в Восточно-Камчатской зоне / К. А. Грибова, С. В. Лисиенко // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы VIII Международной научно-технической конференции, Владивосток, 23–24 мая 2024 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2024. С. 87–92. EDN HISUCE.

8. Грибова, К. А. Анализ распределения квот добычи (вылова) крабов в Восточно-Камчатской зоне / К. А. Грибова, С. В. Лисиенко // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы

VIII Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 24 октября 2024 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2024. С. 137–142. EDN EDKTBZ.

9. Грибова К. А. Анализ распределения квот добычи (вылова) камбал дальневосточных в Восточно-Камчатской зоне // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства : материалы Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 20–21 мая 2025 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2025. С. 18–23. EDN PXJGFF.

10. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг.» с изменениями. Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения : 12.07.2025).

11. Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов за 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: https://fish.gov.ru/otraslevayadeyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/ (дата обращения : 22.08.2025).

12. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна применительно к видам квот их добычи (вылова) на 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг.» [Электронный ресурс]. URL: https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/organizacziya-rybolovstva/prikazy/ (дата обращения : 18.09.2025).

13. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации для осуществления промышленного рыболовства и (или) прибрежного рыболовства по пользователям Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна на 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг.» Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/organizacziya-rybolovstva/prikazy/ (дата обращения : 17.10.2025).

Сведения об авторе

К. А. Грибова – старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства, SPIN-код: 5657-6606.

Information about the author

K. A. Gribova – Senior Lecturer of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 25.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 25.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 128–137.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.223 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-13 EDN: SSKOLO

Размерно-возрастной состав и темп роста минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas у северо-восточного побережья Сахалина по данным 2021 г.

Елизавета Андреевна Летунова
Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Сахалинский филиал (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия
letunovaea@sakhniro.vniro.ru; ORCID: 0009–0008–9136–7807

Аннотация. Представлены результаты изучения размерно-возрастного состава и темпов линейно-весового роста минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas у северо-восточного побережья Сахалина по материалам траловой съемки 2021 г. Возраст рыб определяли по отолитам, что позволило получить надежные оценки параметров роста. Установлено, что исследуемая часть популяции была представлена особями в возрасте от 2 до 9 лет, со средним возрастом 5,6 лет. Расчеты по уравнению Берталанфи показали, что характер линейного роста минтая имеет асимптотическую форму: интенсивный рост наблюдается до 4–5-летнего возраста, после чего темпы увеличения начинают снижаться. Весовой рост минтая характеризуется некоторым нарастанием осредненного показателя массы тела после 4–5 года жизни. Половые различия в динамике роста рыб проявляются в виде отставания темпа роста самцов относительно самок.

Ключевые слова: минтай, возраст, темп роста, размерно-возрастной состав
Для цитирования: Летунова Е. А. Размерно-возрастной состав и темп роста минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas у северо-восточного побережья Сахалина по данным 2021 г. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 128–137.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 128–137.

FISHERIES, AQUACULTURE, INDUSTRIAL FISHERIES (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

Size and age composition and growth rate of pollock *Gadus chalcogrammus* Pallas off the northeastern coast of Sakhalin according to data from 2021

Elizaveta A. Letunova
Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
letunovaea@sakhniro.vniro.ru; ORCID: 0009–0008–9136–7807

© Летунова Е. А., 2025

Abstract. The paper presents the results of a study on the size-age composition and rates of linear and weight growth of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus* Pallas) along the northeastern coast of Sakhalin based on trawl survey data from 2021. The age of the fish was determined using otoliths, which allowed for reliable estimates of growth parameters. It was found that the studied portion of the population consisted of individuals aged from 2 to 9 years, with an average age of 5.6 years. Calculations using the Bertalanffy equation showed that the pattern of linear growth in walleye pollock is asymptotic: rapid growth is observed until the age of 4-5 years, after which the growth rate begins to decline. The weight growth of walleye pollock is characterized by a slight increase in the average body mass after 4-5 years of life. Sexual differences in growth dynamics manifest as a lag in the growth rate of males compared to females.

Keywords: walleye pollock, age, growth rate, size-age composition

For citation: Letunova E. A. Size and age composition and growth rate of pollock *Gadus chalcogrammus* Pallas off the northeastern coast of Sakhalin according to data from 2021. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 128–137. (In Russ.).

Введение

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas является доминирующим видом в ихтиофауне Охотского моря, занимая ключевую позицию в комплексной структуре морской экосистемы. Общая биомасса минтая превышает 80 % суммарной ихтиомассы в регионе, что подчеркивает его исключительную экологическую значимость [1].

В северной части акватории Охотского моря наблюдается формирование мощной суперпопуляции минтая, имеющей ряд локальных нерестилищ. Эти нерестилища простираются от вод, прилегающих к северным Курильским островам и западной Камчатке, до шельфовой зоны северо-восточного Сахалина [2, 3]. По данным многолетних наблюдений, у восточного побережья Сахалина предположительно формируется самостоятельное восточно-сахалинское стадо минтая [4, 5, 6].

Установлено, что временные рамки размножения данного вида в различных регионах ареала обитания значительно варьируются, что обусловлено адаптационными механизмами отдельных популяций к специфическим гидрологическим и фенологическим характеристикам местных водоёмов [7]. Варьирующие условия среды обитания оказывают заметное влияние на характер линейно-весового роста минтая и определяют меняющийся темп прироста длины и массы тела рыб в разных районах.

Изучение размерно-возрастного состава и темпа роста минтая имеет ключевое значение для оценки состояния запасов и выработки рекомендаций по рациональному ведению промысла [8, 5].

Современные методы оценки роста, включающие анализ годовых колец на отолитах, биометрические измерения и математическое моделирование (например, модель Фолькера и Берталанфи), позволяют с достаточной точностью определять возраст рыб и рассчитывать параметры роста [9, 10, 11].

Целью настоящего исследования является изучение современных размерно-возрастных характеристик минтая и оценка темпа линейно-весового роста рыб у северо-восточного побережья Сахалина по данным 2021 г.

Материал и методика

Сбор информации по размерно-массовому составу минтая в траловых уловах у северо-восточного Сахалина со взятием его регистрирующих структур на возраст осуществлены в ходе учетной траловой съемки в октябре 2021 г. на судне НИС «Дмитрий Песков» (сборщик С. В. Новокрещенных). Район работ простирался от мыса Елизаветы до мыса Терпения, охватывая глубины от 17 до 468 м. В качестве основного орудия лова, при проведении траловой съемки, использовался донный трал ДТ-27,1/24,4 с мелкоячейной вставкой 10 х 10 мм в кутце.

В лабораторных условиях была проанализирована структура 201 пробы отолитов.

Для визуализации годовых колец каждый отолит ломался в поперечном сечении в области ядра и закреплялся в смоле. Исследование проводилось с использованием стереомикроскопа Olympus SZX10 при различных режимах освещения. На рис. 1 представлен пример обычной картины видимости годовых колец. В первые 4–5 лет кольца просматриваются достаточно отчетливо. Однако с возрастом рыбы годовые кольца становятся ближе друг к другу, и их четкость заметно снижается. Функция фотографирования изображений на микроскопе Olympus не позволяет рассмотреть мелкие детали структуры отолита, которые все еще различимы человеческим глазом.

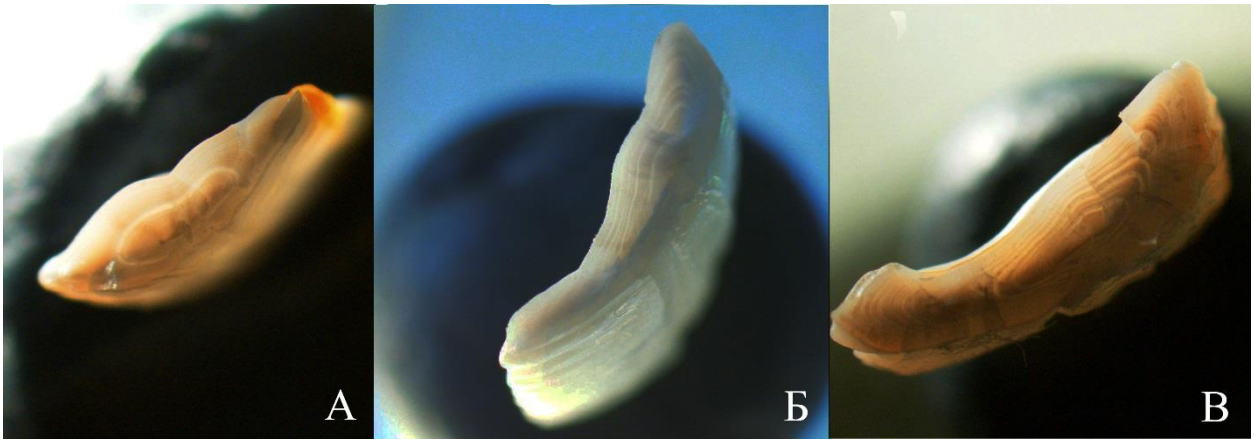


Рис. 1. Срез отолитов в проходящем свете в возрасте: 2 (а), 6 (б) и 8 (в) лет. Фото автора
Fig. 1. Otolith cross-sections in transmitted light at ages: 2 (a), 6 (b), and 8 (c) years. Photos by author

Для обратного расчета темпа роста рыб измерены радиусы годовых колец в относительных единицах к общему расстоянию от центра до внутреннего края отолита. Следует отметить, что подсчет годовых колец в ходе данного исследования осуществлялся по нескольким осям для повышения достоверности результатов (Буслов, 2005). Для оценки корреляции между длиной, массой и возрастом рыб все отолиты были взвешены с точностью до 1 мг.

Для расчета роста минтая в данной работе использовали уравнения линейного и весового роста Берталанффи [12], описывающие замедляющийся с возрастом рост животных по формулам:

$$L_t=L_\infty(1-e^{-k(t-t_0)}), \quad (1)$$

$$W_t=W_\infty(1-e^{-k(t-t_0)})^3, \quad (2)$$

где L_t и W_t – длина и масса рыб в возрасте t; L_∞ и W_∞ – асимптотическая длина и масса рыб; k – коэффициент роста; t_0 – возраст при начальной длине или массе.

Результаты и обсуждение

В учетной донной траловой съемке 2021 г. размерный состав уловов показал наличие нескольких выраженных модальных групп (рис. 2). Длина тела рыб, использованных для определения возраста, варьировалась от 21,1 до 73,1 см, в среднем 46,08 см. Масса тела находилась в пределах от 60 до 2230 г, в среднем равняясь 722,4 г.

Группа молоди с длиной 21–27 см выделялась в выборке с долей 5 %. Следующая более многочисленная группа рыб 29–39 см составляла 25,9 % от общего числа особей в выборке. Преобладающая часть популяции была представлена половозрелыми особями длиной 43–57 см, доля которых составляла 55,7 %. Кроме того, в уловах присутствовали крупные особи с длиной тела 60–73 см, составлявшие 5,5 % от численности (рис. 2). Характерные размерные группы, вероятно, были сформированы отдельными возрастными классами, что позволяет, некоторым образом, верифицировать данные определения возраста по регистрирующим структурам.

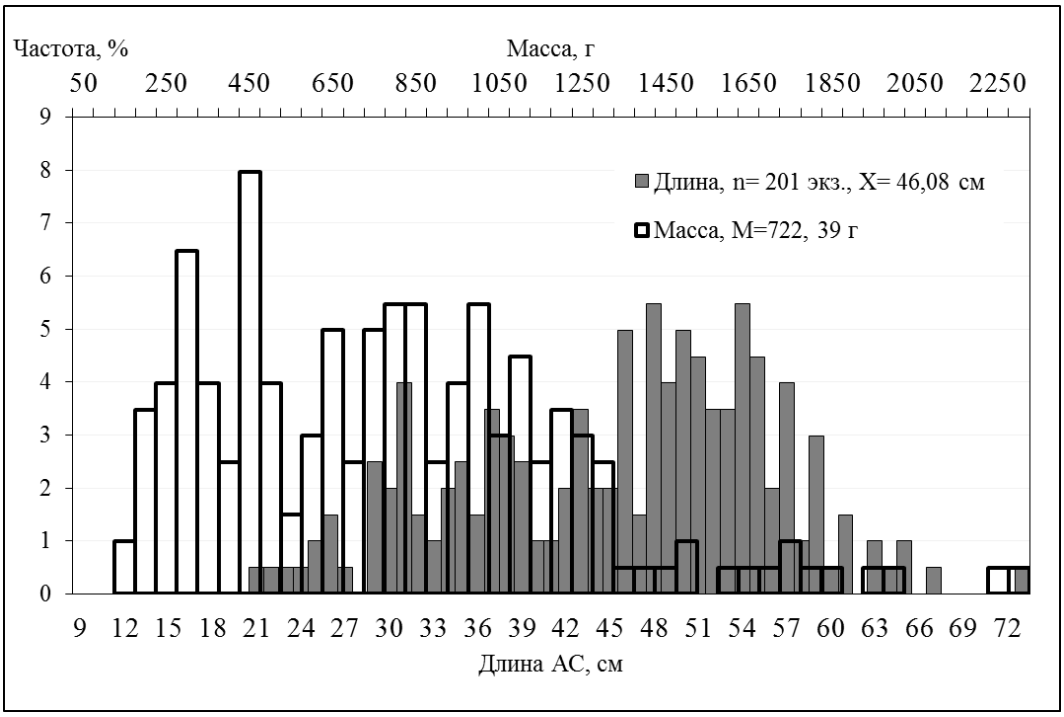


Рис. 2. Размерно-весовой состав минтая в траловых уловах у северо-восточного Сахалина в 2021 г. Составлено автором

Fig. 2. Size-weight composition of walleye pollock in trawl catches off the northeast coast of Sakhalin in 2021 . Compiled by the author

Согласно данным, полученным по результатам анализа регистрирующих структур (отолитов), наибольшую долю (51,2 %) в уловах составляли рыбы в возрасте пяти-шести лет (рис. 3). В целом в выборке были представлены особи в возрасте от 2 до 9 лет. Средний возраст рыб составил 5,6 лет.

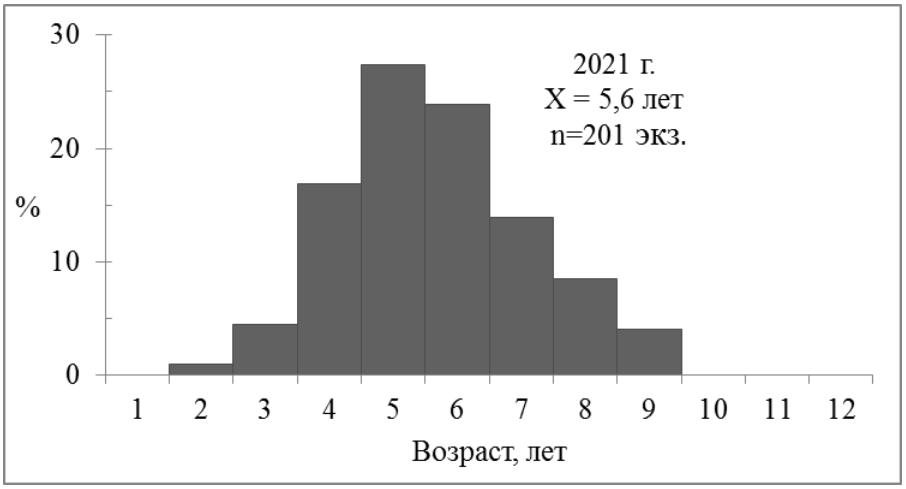


Рис. 3. Возрастной состав минтая у северо-восточного Сахалина в 2021 г. Составлено автором

Fig. 3. Age composition of walleye pollock off the northeast coast of Sakhalin in 2021. Compiled by the author

Теоретический темп группового линейного роста рыб, представленный на основе результатов расчета по уравнению Берталанфи, принял вид $L_t=58{,}579(1-e^{-0{,}2879(t+0{,}0639)})$ для общей выборки без разделения по полам. Для самок данная формула представлена следующим образом: $Lt=62{,}500(1-e^{-0{,}2795(t-0{,}1350)})$, для самцов – $Lt=62{,}204(1-e^{-0{,}2171(t+0{,}1155)})$.

Темп линейного роста минтая носит экспоненциальный характер. Половые различия в динамике роста рыб проявляются в виде постепенного отставания темпа роста самцов относительно самок. Рассчитанные темпы прироста длины тела представлены на рис. 4. Данные по обоим полам показывают, что на первом году жизни в среднем прирост длины составляет 15,46 см, что свидетельствует об ускоренном росте в период раннего развития. На втором году жизни средняя длина тела достигает приблизительно 26,24 см, при приросте, равном 10,79 см. К пятому году, при длине тела 44,95 см, темп прироста снижается до 4,55 см. На десятый год жизни, при длине 55,35 см, прирост составляет менее 1,08 см (табл. 1).

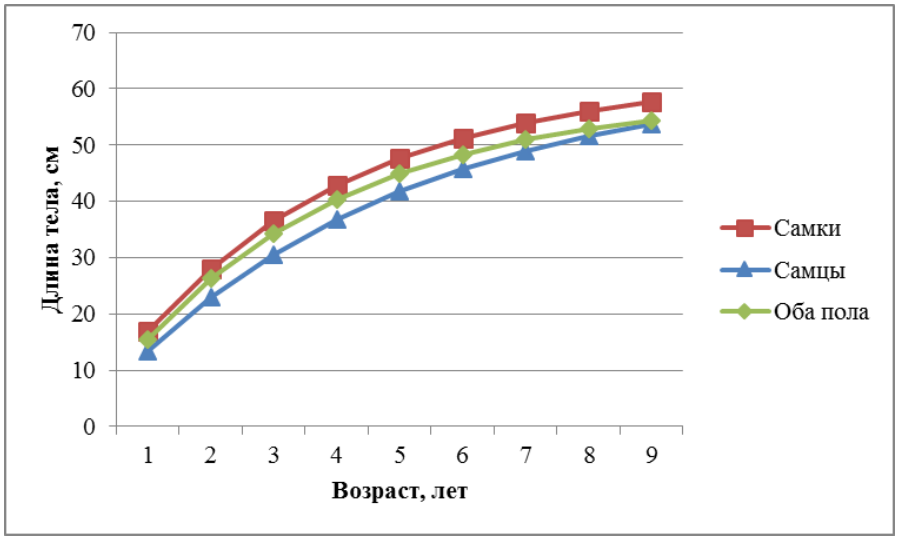


Рис. 4. Темп роста длины тела минтая у северо-восточного Сахалина по Берталанфи. Составлено автором

Fig. 4. Body length growth rate of walleye pollock off the northeast coast of Sakhalin according to Bertalanffy. Compiled by the author

Таблица 1

Линейный рост самок и самцов

Table 1

Linear growth of females and males

	Самки		Самцы		Оба пола	
Возраст	Длина, см	Прирост, см	Длина, см	Прирост, см	Длина, см	Прирост, см
1	12,3	12,3	13,4	13,4	15,5	15,5
2	21,8	9,5	25,4	12,0	26,2	10,8
3	29,7	7,9	34,4	9,0	34,3	8,1
4	36,3	6,6	41,3	6,8	40,4	6,1
5	41,8	5,4	46,5	5,2	44,9	4,5
6	46,3	4,5	50,4	3,9	48,4	3,4
7	50,0	3,8	53,3	3,0	50,9	2,6
8	53,1	3,1	55,6	2,2	52,8	1,9
9	55,7	2,6	57,3	1,7	54,3	1,4
10	57,9	2,1	58,5	1,3	55,3	1,1
11	59,7	1,8	59,5	1,0	56,2	0,8
12	61,2	1,5	60,2	0,7	56,8	0,6

Основной прирост рыб наблюдается в первые годы жизни, а в последующем рост постепенно замедляется. Самки в среднем достигают больших конечных размеров, демонстрируя более быстрый рост на раннем этапе жизни.

Темп группового весового роста рыб представлен на основе уравнения Берталанфи в виде $Wt=1343,845(1-e^{-0,1384(t--2,4037)})^3$ для общей выборки без разделения по полам. Для самок данная формула имеет вид $Wt=1450,101(1-e^{-0,1556(t--2,2605)})^3$, для самцов – $Wt=1269,944(1-e^{-0,157(t--2,2979)})^3$. Половые различия в динамике роста массы рыбы также проявляются в виде существенного отставания самцов, но после возраста полового созревания. Темпы прироста массы тела представлены на рис. 5.

Данные по обоим полам показывают, что на первом году жизни в среднем прирост массы составляет 66,28 г. На втором году жизни средняя масса тела достигает приблизительно 78,68 г при увеличении массы на 150,16 г. К пятому году, при массе тела 403,07 г, темп прироста достиг 88,43 г. На десятый год жизни, при массе 793,88 г, прирост составляет менее 66,70 г (табл. 2).

Темп весового роста минтая показывает определенную изменчивость в течение жизни, при этом заметно его ускорение после возраста примерно 4–5 лет, соответствующего периоду полового созревания рыб.

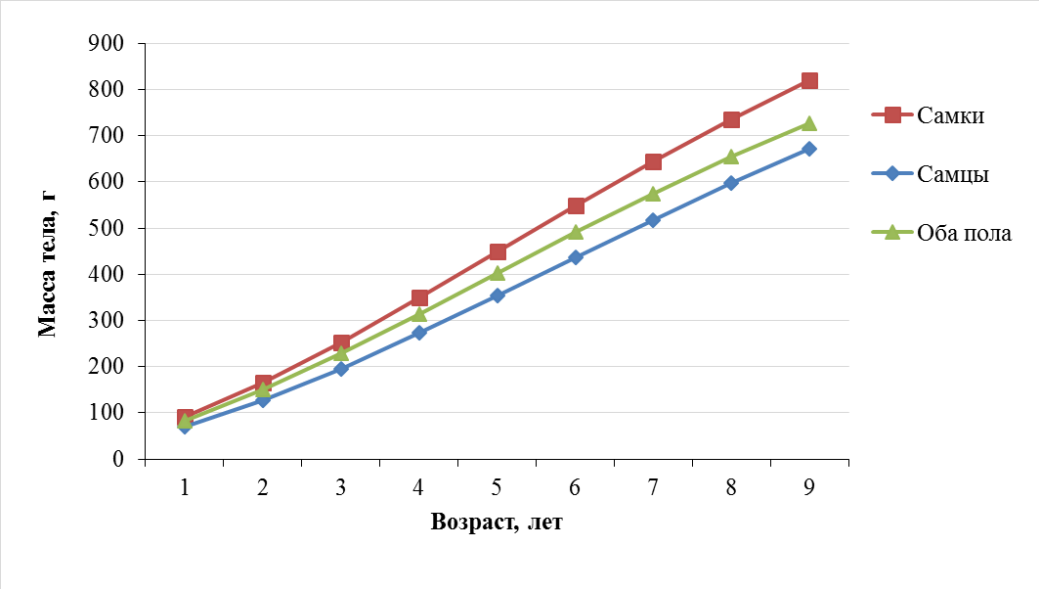


Рис. 5. Темп роста массы тела минтая у северо-восточного Сахалина по Берталанфи. Составлено автором

Fig. 5. Body weight growth rate of walleye pollock off the northeast coast of Sakhalin according to Bertalanffy. Compiled by the author

Таблица 2

Динамика весового роста самок и самцов

Table 2

Dynamics of weight growth in females and males

Возраст	Самки		Самцы		Оба пола	
	Масса, г	Прирост, г	Масса, г	Прирост, г	Масса, г	Прирост, г
1	91,35	92,40	71,19	69,40	83,89	83,89
2	165,08	73,73	127,63	56,44	150,16	66,28
3	253,19	88,10	196,14	68,51	228,84	78,68
4	349,76	96,57	272,76	76,63	314,64	85,80
5	449,70	99,95	353,87	81,11	403,07	88,43

6	549,03	99,33	436,40	82,53	490,64	87,57
7	644,86	95,82	517,96	81,56	574,84	84,20
8	735,23	90,37	596,76	78,80	654,01	79,17
9	818,98	83,75	671,56	74,81	727,18	73,17
10	895,52	76,54	741,58	70,02	793,88	66,70
11	964,70	69,18	806,38	64,80	854,01	60,14
12	1026,66	61,97	865,80	59,41	907,76	53,74

Анализ связи между изменением веса регистрирующей структуры по мере роста рыб с их возрастом, длиной и массой тела показал, что степень корреляции между признаками значительно различается. Так, связь массы отолита с возрастом описывается уравнением $y = 0{,}3833x^{1{,}3105}$ при $R^2 = 0{,}33$, что указывает на умеренную корреляцию и значительный разброс данных. Напротив, зависимость массы отолита от длины тела была выражена гораздо сильнее, уравнение вида $y = 0{,}0003x^{2{,}506}$ при $R^2 = 0{,}94$ демонстрирует высокую степень корреляции выбранных признаков (рис. 6). Это свидетельствует о том, что увеличение массы отолита в большой степени отражает характер линейного роста рыбы.

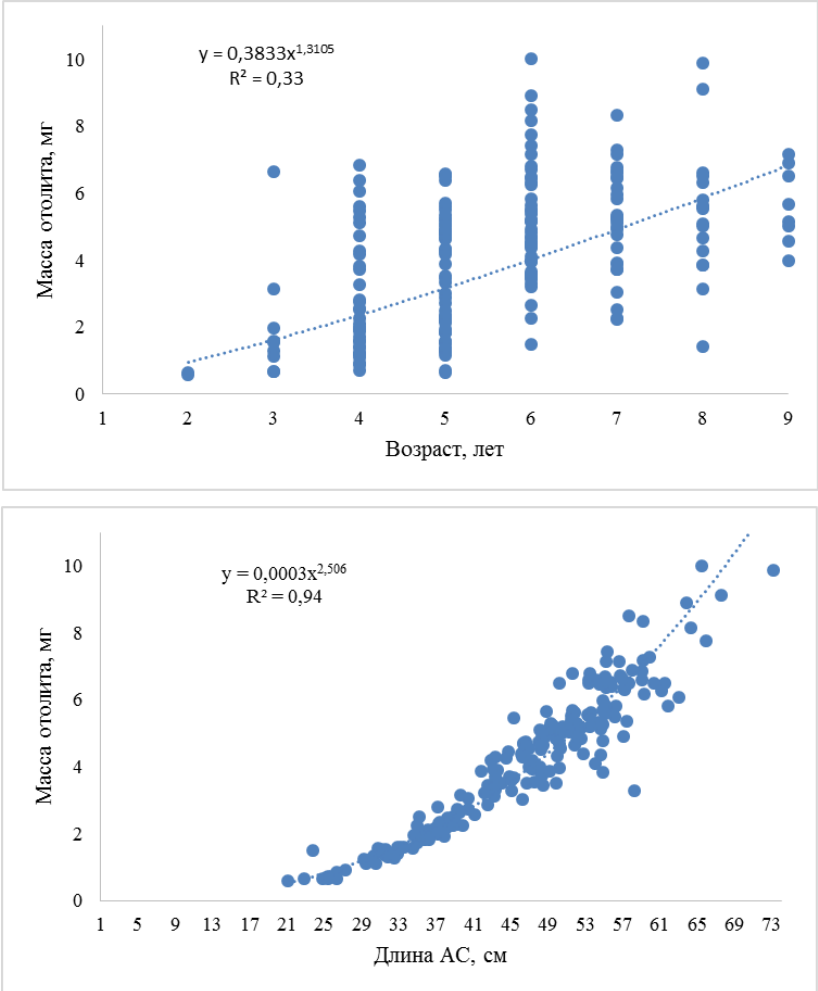


Рис. 6. Зависимость возраста–массы отолита (а), длины тела–массы отолита (б) минтая у северо-восточного Сахалина. Составлено автором

Fig. 6. Relationship between age-weight of the otolith (a), body length-weight of the otolith (b) of walleye pollock off the northeast coast of Sakhalin. Compiled by the author

Обсуждение

Изучение возраста минтая имеет уже довольно длительную историю [7, 13, 14, 15]. В ихтиологии в качестве регистрирующих структур на возраст изначально, как правило, использовалась чешуя [16], но постепенно многие исследователи стали переходить на отолиты как структуры, более достоверно отражающие возраст рыб [11, 17, 18, 19, 20, 21].

Переход к использованию отолитов был обусловлен тем, что чешуя, особенно у быстрорастущих рыб, подвержена частичной резорбции и перестройке, что затрудняет точное определение возраста, особенно у старших возрастных особей [15, 23]. Кроме того, масса и морфометрические характеристики отолитов хорошо коррелируют с размерами и возрастом особей, что делает их ценным инструментом не только для определения возраста, но и для ретроспективного анализа динамики роста и состояния популяций [10, 14, 19].

Возраст крупных особей после начала полового созревания сильно занижался по чешуе, тогда как отолиты позволяли более точно оценивать общее число годовых колец [9, 14, 17, 23, 24]. Предельный возраст минтая по отолитам в различных публикациях достигал 15–16 лет, в отдельных случаях отмечались особи до 17–18 лет [3, 20], при том что доминирующие возрастные группы в нерестовых стадах составляли преимущественно рыбы от 3 до 7 лет, что отражает их наибольшую численность и активное участие в воспроизводстве [3, 7, 13].

С возрастом темпы роста минтая постепенно снижаются, и после достижения половой зрелости приросты в длине уменьшаются, что также сказывается на точности определения возраста по чешуе и подтверждает необходимость использования отолитов как основной структуры для возрастного анализа [18, 20, 24].

Сопоставление кривых роста, полученных в настоящем исследовании, показывает, что характерные закономерности линейного и весового роста минтая сохраняются общими для всех исследованных районов и периодов наблюдений [3, 13, 21] (рис. 7). Наибольшие темпы прироста длины отмечаются в возрасте до 4–5 лет, после чего рост постепенно замедляется, что соответствует типичному асимптотическому типу развития, характерному для тресковых рыб.

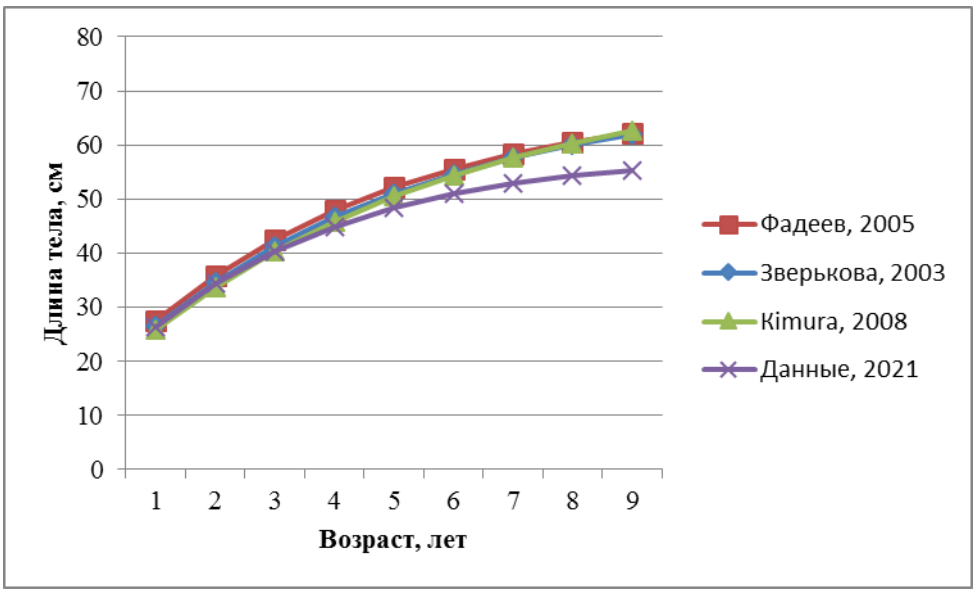


Рис. 7. Сравнение теоретических кривых линейного роста минтая по уравнению Берталанфи по данным разных исследований. Составлено автором

Fig. 7. Comparison of theoretical curves for linear growth of walleye pollock based on the Bertalanffy equation from various studies. Compiled by the author

Исходя из имеющихся и опубликованных данных, можно заметить, что темп линейного роста минтая высок вплоть до возраста полового созревания, тогда как темп весового роста

увеличивается сразу после этого важного этапа в жизни рыб. Такой характер роста типичен для минтая и отражает общие закономерности онтогенетического развития тресковых рыб [14, 21].

Заключение

Исследование размерно-возрастной структуры минтая *Gadus chalcogrammus* у северо-восточного побережья Сахалина в 2021 г. показало, что популяция представлена преимущественно особями средних возрастных групп (от 5 и более лет), обеспечивающих основное участие в нересте. В размерном ряду было отмечено присутствие молоди в возрасте 2 и 3 лет, формировавших отдельные группы. Характер линейного роста минтая носит асимптотический характер, с выраженным замедлением темпов после достижения зрелости. Весовой рост рыб, наоборот, ускоряется после половозрелости. Половые различия в общей динамике роста рыб проявляются в виде постепенного отставания темпа роста самцов относительно самок.

Минтай северо-восточного Сахалина демонстрирует закономерности роста, характерные для всех популяций Охотского и Берингова морей. Полученные параметры уравнений линейного и весового роста рыб соответствуют известным моделям для минтая Охотского моря. Незначительные различия в параметрах роста, отмеченные в ходе исследования, связаны с региональными особенностями гидрологических условий и, вероятно, кормовой базы вида.

Список источников

1. Шунтов В. П. Биологические ресурсы Охотского моря. М. : Агропромиздат, 1985. С. 224.

2. Шунтов В. П. Результаты мониторинга и экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей России (1998–2002 гг.) // Известия ТИНРО. 2003. Т. 132. С. 3–26.

3. Фадеев Н. С. Восточно-сахалинское стадо минтая: современное состояние и динамика. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2005. С. 156.

4. Лученков А. В. Размерно-возрастная структура и динамика стада минтая Theragra chalcogramma Til. восточного Сахалина в 2000-е годы // Труды СахНИРО. 2013. Т. 14. С. 46–54.

5. Антонов Н. П., Кузнецова Е. Н., Шейбак А. Ю. Состояние запаса и промысел минтая Gadus chalcogrammusв северной части Охотского моря // Рыбное хозяйство. 2024. Т. 1. С. 48–54.

6. Ким Сен Ток, Летунова Е. А. Характерные перемещения скоплений минтая Gadus chalcogrammus (Pallas, 1814) у северо-восточного побережья Сахалина в период промысла 2021–2023 гг. // Труды СахНИРО. 2024. Т. 20. С. 3–23.

7. Шунтов В. П., Волков А. Ф., Темных О. С., Дулепова Е. П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток : ТИНРО, 1993. С. 56–69.

8. Антонов Н. П. Минтай Охотского моря: история промысла и современное состояние // Труды ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 120–133. DOI 10.36038/2307-3497-2022-189-120-133. EDN OLORDY.

9. Андреев В. Л. К методике определения возраста и роста минтая // Известия ТИНРО. 1968. Т. 65. С. 253–257.

10. Campana S. E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods // Journal of Fish Biology. 2001. Т. 59. P. 197–242. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x.

11. Буслов А. В., Овсянников Е. Е. Валидность оценок возраста минтая Theragra chalcogramma (Pallas, 1814) восточной части Охотского моря по отолитам // Биология моря. 2019. Т. 45, № 5. С. 349–355.

12. Bertalanffy L. Basic concepts in quantitative biology of metabolism // Helgolдnder Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 1964. Vol. 9, № 1–4. P. 5–37.

13. Зверькова Л. М. Минтай. Биология, состояние запасов. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2003. С. 248.

14. Буслов А. В. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2005. С. 224.

15. Фадеев Н. С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2005. С. 366.

16. Меняйлова Д. С. Возраст и рост минтая в промысловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря в 2018 г // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Владивосток, 30 ноября 2018 года. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2018. С. 77–79.

17. Ishida T. On the age determination and morphometrical diferences of the otolith of Alaska pollack in the Hokkaido coast // Bull. of the Hokkaido Reg. Fish Res. Lab. 1954. № 11. P. 67.

18. Mosher K. Use of otoliths for determining the age of several fishes from the Bering Sea // Extrait du Journal du Conseil International pour l'Exploration del la Mer. 1954. 19. P. 337–344.

19. McFarlan G. A., Beamish R. J. An examination of age determination structures of walleye pollock (Theragra chalcogramma) from five stocks in the Northeast Pacific Ocean. I.N.PF C. Bulletin. 1990. № 50. P. 30.

20. Буслов А. В. Опыт использования позвонков для определения возраста минтая // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2002. Вып. 6. С. 87–91.

21. Kimura D. A. Brief History of Age Determination of Walleye Pollock (Theragra chalcogramma) at the Alaska Fisheries Science Center. 2008. .www.afsc.noaa.gov.

22. Campana S. E., & Thorrold S. R. Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2001. 58, № 1. P. 30–38. DOI: 10.1139/f00-177.

23. Кагановская С. М. Материалы к познанию минтая // Известия ТИНРО. 1950. Т. 32. С. 103–120.

24. Пащенко В. М., Грицай Е. В. Географическая изменчивость морфологических признаков отолитов минтая // Известия ТИНРО. 2001. С. 304–311.

25. Campana S. E. Otolith science entering the 21st century // Marine and Freshwater Research. 2005. Vol. 56. P. 485–495. DOI: 10.1071/MF04147.

Сведения об авторе

Е. А. Летунова – старший специалист лаборатории морских и пресноводных рыб, ORCID: 0009–0008–9136–7807.

Information about the author

E. A. Letunova – Senior Specialist of the Laboratory of Marine and Freshwater Fish, ORCID: 0009–0008–9136–7807.

Статья поступила в редакцию 03.10.2025; одобрена после рецензирования 01.11.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 03.10.2025; approved after reviewing 01.11.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 138–143.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2.03 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-14 EDN: RXJYQT

Совместные российско-китайские проекты в сфере морской аквакультуры: опыт взаимодействия и перспективы развития

Роман Сергеевич Марс[1], Владимир Евгеньевич Вальков[2]
[1, 2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] stoletie@mail.ru
[2] valkov.ve@dgtru.ru

Аннотация. Освещены особенности и перспективы российско-китайского сотрудничества в сфере морской аквакультуры. Рассматриваются исторические предпосылки, современное состояние и ключевые достижения двусторонней кооперации в области водных биоресурсов. Особое внимание уделено законодательным рамкам, организационным механизмам и потенциальным направлениям дальнейшего углубления сотрудничества. Поднимаются вопросы экономической целесообразности, технологических достижений и факторов риска, препятствующих эффективному взаимодействию. Определены ожидаемые векторы развития межгосударственного взаимодействия, сформулированы рекомендации по укреплению позиций России и Китая на международном уровне в сегменте аквакультурной продукциии.

Ключевые слова: аквакультура, производство продукции, воспроизводство водных биологических ресурсов

Для цитирования: Марс Р. С., Вальков В. Е. Совместные российско-китайские проекты в сфере морской аквакультуры: опыт взаимодействия и перспективы развития // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 138–143.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 138–143.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Joint Russian-Chinese projects in the field of marine aquaculture: cooperation experience and development prospects

Roman S. Mars[1], Vladimir E. Valkov[2]
[1, 2] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] stoletie@mail.ru
[2] valkov.ve@dgtru.ru

Abstract. The article highlights the features and prospects of Russian-Chinese cooperation in the field of marine aquaculture. The historical background, current state and key achievements of bilateral cooperation in the field of aquatic biological resources are considered. Special attention was paid to the legislative framework, organizational mechanisms and potential areas for

© Марс Р. С., Вальков В. Е., 2025

further deepening cooperation. The issues of economic feasibility, technological advances and risk factors that hinder effective interaction are raised. The expected vectors of development of interstate cooperation are determined, recommendations are formulated to strengthen the positions of Russia and China at the international level in the segment of aquaculture products.

Keywords: aquaculture, production, reproduction of aquatic biological resources

For citation: Mars R. S., Valkov V. E. Joint Russian-Chinese projects in the field of marine aquaculture: cooperation experience and development prospects. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 138–143. (In Russ.).

Введение

Современная мировая экономика ставит перед многими странами задачу обеспечения устойчивого развития отраслей, связанных с производством экологически чистых и качественных пищевых продуктов. Морская аквакультура играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития экономик многих стран мира. Россия обладает значительными ресурсами пресноводных водоемов и морей, тогда как Китай является крупнейшим производителем рыбной продукции. В последние годы наблюдается активный рост числа совместных российско-китайских проектов в этой сфере [1]. Особый интерес представляют научные и образовательные программы, направленные на подготовку кадров для рыбохозяйственной отрасли и развитие инновационных технологий в добыче и воспроизводстве водных биологических ресурсов. Сотрудничество в этой области позволит обеим странам эффективно использовать имеющиеся ресурсы и повысить конкурентоспособность своей продукции на мировом рынке.

Теоретические основы и терминология

Под морской аквакультурой подразумевается контролируемое разведение морских организмов, включающее процессы воспроизводства, кормления, ухода и сбора урожая. Использование интенсивных форм аквакультурного бизнеса обеспечивает значительное повышение продуктивности и улучшение качества продукции. Эффективность аквакультурных предприятий зависит от наличия современной инфраструктуры, подготовленных кадров и поддержки со стороны государства.

Объекты и методы исследований

Комплексное исследование демонстрирует, что Китай остается крупнейшим производителем аквакультурной продукции в мире с долей более 50 % [2], а Россия располагает большими запасами природных ресурсов и имеет высокий потенциал для наращивания объемов производства. Производство товарной аквакультуры в нашей стране показывает положительную динамику с приростом около 10 % ежегодно (рис. 1).

В работе использовались данные, полученные из нормативно-правовых актов Росрыболовства и Минсельхоза России [3, 4]. На основании материалов проведен анализ, направленный на изучение динамики распределения объемов. При прогнозировании объемов производства товарной аквакультуры на период до 20230 г. применяется математическая модель с использованием формулы сложного процента, позволяющая на основе анализа среднегодовых темпов роста производства товарной аквакультуры в России и Китае определить прогнозируемый рост производства продукции аквакультуры.

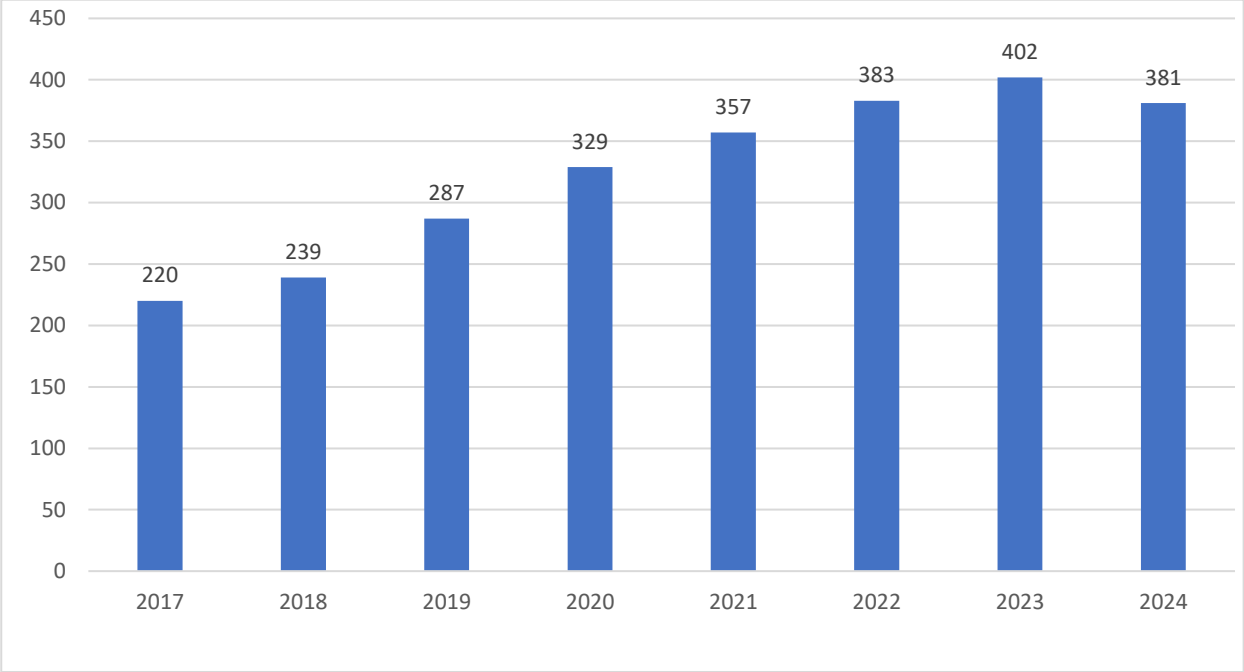


Рис. 1. Производство товарной авакультуры в России за период 2017–2024 гг. Составлено авторами
Fig. 1. Commercial aquaculture production in Russia for the period 2017–2024. Compiled by the authors

Результаты и их обсуждение

Российско-китайское сотрудничество в сфере аквакультуры начало развиваться в конце XX в., когда впервые было заключено соглашение о совместном использовании дальневосточных районов. За прошедший период накоплен существенный опыт, созданы крупные совместные предприятия, эффективно работающие в Приморье, Сахалине и Хабаровском крае. Наиболее успешным примером служит предприятие ООО «Приморский рыборазводный завод», активно сотрудничающее с китайскими партнерами в области производства лососевых пород рыб.

В настоящее время развивается новое поколение совместных проектов, таких как строительство специализированных комплексов для разведения ценных пород рыб и производство высококачественных кормов. Важную роль играют научно-исследовательские институты, такие как Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).

Российский научный центр – ВНИРО – активно участвует в реализации российско-китайских проектов. В марте 2025 г. была проведена встреча, на которой был утвержден подробный план действий, направленный на ускоренное развитие сотрудничества в области рыбного хозяйства и аквакультуры. Стороны договорились о включении участия в конгрессно-выставочных мероприятиях, организации обучения китайских аспирантов и участии в совместных экспедициях. Данные мероприятия направлены на привлечение внимания общественности и бизнес-сообщества к новым разработкам и открытиям в области аквакультуры, а также способствуют установлению деловых контактов и привлечению инвесторов.

Кроме того, весной 2025 г. состоялся визит делегации ВНИРО в Китай, в ходе которого состоялись переговоры с ведущими университетами и исследовательскими центрами КНР. Итогом визита стало заключение ряда важных договоренностей о дальнейшем усилении научного сотрудничества и осуществлении совместных проектов в области развития аквакультуры [5].

Договорно-правовую основу российско-китайского сотрудничества составляют многочисленные межправительственные соглашения и договоры. Одним из центральных документов является Соглашение о сотрудничестве в области охраны окружающей среды и природопользования, предусматривающее реализацию конкретных мер по защите морских ресурсов и борьбе с незаконным промыслом. Институциональная структура включает советы директоров,

комиссии и группы, сформированные представителями обеих стран. Такая организация способствует решению возникающих проблем и выработке стратегии развития.

Особое внимание уделяется совершенствованию инфраструктуры, необходимой для эффективной работы аквакультурных предприятий. Необходимо подчеркнуть важность стандартизации норм и процедур, гармонизированных с международными нормами, для обеспечения беспрепятственного продвижения товаров на мировые рынки.

Китайский рынок характеризуется высоким спросом на продукцию, произведенную в России, особенно в сегменте деликатесных сортов рыб и морепродуктов. Однако существуют препятствия, затрудняющие полное раскрытие потенциала сотрудничества, среди которых выделяется отсутствие единых подходов к стандартам качества, недостаток квалифицированного персонала и высокие транспортные издержки. Успешное устранение указанных трудностей требует дальнейшей работы над развитием нормативно-правовой базы и улучшением коммуникационной структуры.

Вместе с тем имеются огромные резервы для увеличения объемов производства, улучшения производственной культуры и снижения затрат на содержание объектов аквакультуры. Совершенствование используемых технологий и методов позволяет добиться высоких показателей урожайности и обеспечить потребности внутреннего и внешнего рынков.

Также ограничением развития проектов в области аквакультуры являются недостатки логистической инфраструктуры, выраженные проблемами с эффективностью логистических процессов, отдаленностью регионов друг от друга, что значительно усложняет транспортировку готовой продукции.

Прогнозы показывают (рис. 2), что в ближайшие годы объемы производства российской аквакультурной продукции будут увеличиваться, а китайские инвестиции станут катализатором развития отрасли. Реализация принятых планов позволит увеличить объемы экспорта продукции и усилить позиции России на мировом рынке. Основными приоритетами останутся совершенствование инфраструктуры, модернизация производственных мощностей и подготовка профессиональных кадров высокого уровня.

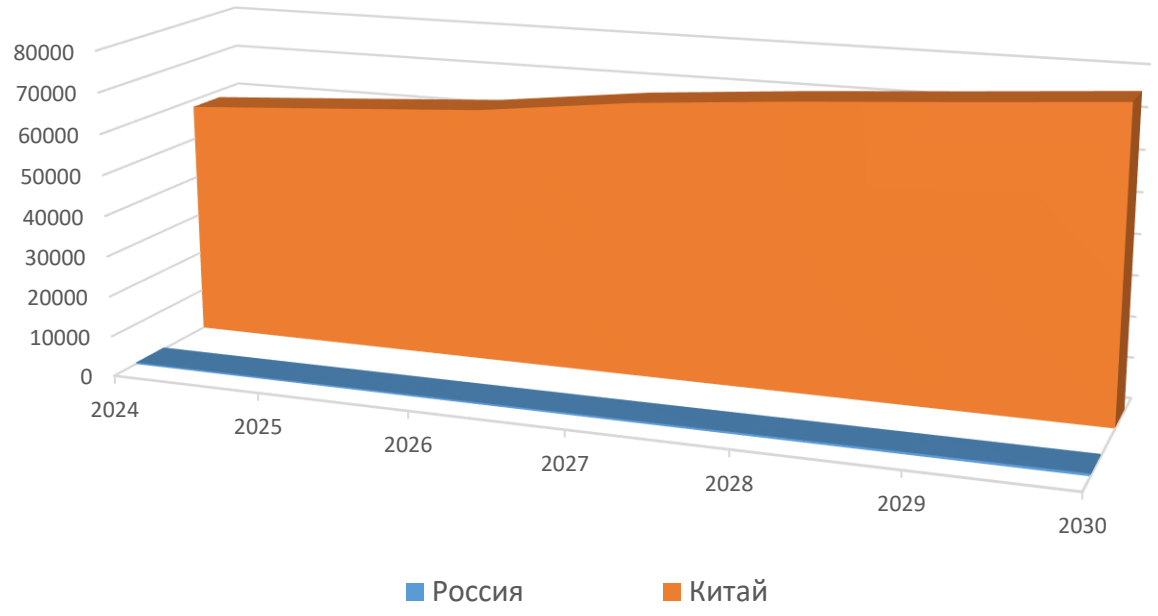


Рис. 2. Прогноз производства аквакультуры Россией и КНР до 2030 г. Составлено авторами
Fig. 2. Forecast of aquaculture production in Russia and China until 2030. Compiled by the authors

График отражает прогнозируемый рост производства продукции аквакультуры в России и Китае, демонстрируя значительное преимущество Китая как лидера рынка. Россия также показывает высокие темпы роста, но её вклад в аквакультуру остаётся относительно небольшим по сравнению с Китаем, что в свою очередь является драйвером роста.

Эффективное взаимодействие с Китаем создает благоприятные условия для дальнейших шагов по формированию полноценного сектора высокоэффективной аквакультуры, соответствующей международным требованиям качества и экологической устойчивости.

Заключение

Российская Федерация и Китайская Народная Республика обладают значительным потенциалом для успешного сотрудничества в области морской аквакультуры. Успехи, достигнутые в последнее десятилетие, свидетельствуют о важности подобного формата взаимодействия для стабильного развития обеих экономик. Продолжение конструктивного диалога и расширение взаимодействия в образовательной и научно-технической сферах открывают новые горизонты для дальнейшего прогресса и процветания аквакультурного бизнеса.

Совместные проекты в области аквакультуры имеют ряд преимуществ для обеих сторон:

- использование передовых технологий: обмен технологиями и инновациями способствует повышению эффективности производства и качества продукции;
- сотрудничество открывает доступ к международным рынкам, увеличивая экспортный потенциал каждой стороны;
- создание новых рабочих мест в регионах, занимающихся производством рыбной продукции;
- повышение экологической устойчивости путем внедрения экологически чистых технологий снижает негативное воздействие на окружающую среду [6].

Таким образом, совместные проекты в области аквакультуры представляют собой перспективное направление сотрудничества России и Китая, способствующее росту экономики и обеспечению продовольственной безопасности обеих стран.

На сегодняшний день Китай остается бесспорным лидером в мировой аквакультуре, производя более 58 % всей выращиваемой рыбы в мире, и сохраняет лидерство в производстве, но постепенное наращивание мощностей в России создаст условия для укрепления своего присутствия на международном рынке. Российский сектор аквакультуры продолжает активно развиваться, сохраняя высокий темп роста, превышающий китайский.

Список источников

1. Васильев А. В., Петрова Н. И. Российско-китайские экономические отношения: состояние и перспективы // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2023. № 2. С. 18–34.

2. Цзя Ли, Ван Юнь. Развитие китайского рынка аквакультурной продукции и его влияние на международную торговлю // Международный журнал прикладных наук и технологий. 2023. Т. 12, № 3. С. 123–138.

3. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».

4. Федеральный закон от 02.07.2013 № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

5. Волошин Г. В., Акимов Е. Б., Артемов Р. В., Гершунская В. В. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации // Труды ВНИРО. 2022. Т. 190. С. 163–169.

6. Смирнова Е. С. Экологические аспекты аквакультурного хозяйства // Вопросы экологии и природопользования. 2023. № 1. С. 56–67.

Сведения об авторах

Р. С. Марс – старший преподаватель кафедры эксплуатации и управления транспортом.

В. Е. Вальков – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и управления транспортом.

Information about the authors

R. S. Mars – Senior Lecturer of the Department of Transport Operation and Management.

V. E. Valkov – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Operation and Management.

Статья поступила в редакцию 05.10.2025; одобрена после рецензирования 01.11.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 05.10.2025; approved after reviewing 01.11.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 144–155.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2+582.23/.27 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-15 EDN: TBQLEF

Синергетический эффект фитогормонов разных классов на рост и биохимический состав *Isochrysis galbana* (Parke, 1949)

Евгений Валерьевич Михеев[1], Светлана Евгеньевна Лескова[2], Николай Николаевич Ковалев[3]

[1, 3] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[2] Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
[1] zhenyasuper79@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3433-5653
[2] svetaleskova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7058-3449
[3] kovalevnn61@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7100-7208

Аннотация. Произведена оценка влияния совместного применения двух различных по структуре фитогормонов (ауксинового и гиббереллинового ряда) на рост и биохимический состав культуры микроводоросли *Isochrysis galbana*. В качестве гормонов использовались гиббереллиновая кислота и индол-3-уксусная кислота. Показано влияние смеси фитогормонов на количество клеток и константы роста культуры *Isochrysis galbana*. Проведено сравнение содержания основных биохимических компонентов (белка, углеводов, липидов и хлорофилла) в клетках культуры микроводоросли, обработанной смесью гормонов, и контрольной группы. Установлено, что в культуре с добавлением смеси гормонов наблюдался процесс роста на протяжении всего эксперимента. Показано, что константы роста популяции за весь период эксперимента у опытной и контрольной групп не отличались. Установлено разнонаправленное действие смеси фитогормонов на содержание белка, углеводов, липидов и хлорофилла в клетках культуры микроводоросли *Isochrysis galbana*. Отмечен рост концентрации белка через три дня эксперимента. Дальнейшее культивирование не оказывало значимого влияния на содержание белка в контрольной и экспериментальной группах. В процессе исследования отмечено снижение концентрации углеводов в контрольной и экспериментальной группах. При этом содержание углеводов в опытной группе было выше, по сравнению с контролем на протяжении всего времени эксперимента. Показан рост содержания липидов в опытной и контрольных группах через три дня эксперимента. В дальнейшем наблюдалось снижение содержания липидов в обоих экспериментальных группах. Установлено накопление хлорофилла в клетках *Isochrysis galbana* в первые семь дней исследования в обеих группах.

Ключевые слова: *Isochrysis galbana*, биохимический состав, фитогормоны, гиббереллиновая кислота, индол-3-уксусная кислота

Для цитирования: Михеев Е. В., Лескова С. Е., Ковалев Н. Н. Синергетический эффект фитогормонов разных классов на рост и биохимический состав *Isochrysis galbana* (Parke, 1949) // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 144–155.

© Михеев Е. В., Лескова С. Е., Ковалев Н. Н., 2025

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 144–155.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Synergistic effect of phytohormones of different classes on growth and biochemical composition of *Isochrysis galbana* (Parke, 1949)

Evgeny V. Mikheev[1], Svetlana E. Leskova[2], Nikolai N. Kovalev[3]

[1, 3] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

[2] Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

[1] zhenyasuper79@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3433-5653

[2] svetaleskova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7058-3449

[3] kovalevnn61@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7100-7208

Abstract. The article assesses the effect of combined use of two phytohormones with different structures (auxin and gibberellin series) on the growth and biochemical composition of microalgae *Isochrysis galbana* culture. Gibberellic acid and indole-3-acetic acid were used as hormones. The phytohormone mixture effect on the cell count and growth constants of the Isochrysis galbana culture is shown. The content of the main biochemical components (protein, carbohydrates, lipids and chlorophyll) in microalgae cells culture treated with the hormone mixture and the control group is compared. It was found that culture growth process under the influence of phytohormones mixture observed throughout the experiment. It was shown that the population growth constants did not differ in the experimental and control groups over the entire period of the experiment. Multidirectional effects of the phytohormone mixture on the content of protein, carbohydrates, lipids and chlorophyll in the cells of the *Isochrysis galbana* microalgae culture were established. An increase in protein concentration was noted after 3 days of experiment. Further cultivation did not have a significant effect on the protein content in the control and experimental groups. Decrease in carbohydrate concentration was noted in the control and experimental groups during the study. At the same time, the carbohydrate content in the experimental group was higher than in the control throughout the entire experiment. An increase lipid content was shown in the experimental and control groups after three days of the experiment. Subsequently, a decrease in lipid content was observed in both experimental groups. Accumulation of chlorophyll in *Isochrysis galbana* cells was established in the first seven days of the study in both groups.

Keywords: Isochrysis galbana, biochemical composition, phytohormones, gibberellic acid, indole-3-acetic acid

For citation: Mikheev E. V., Leskova S. E., Kovalev N. N. Synergistic effect of phytohormones of different classes on growth and biochemical composition of *Isochrysis galbana* (Parke, 1949). *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 144–155. (In Russ.).

Введение

Одним из вариантов повышения как количественного, так и качественного роста высших растений и биомассы культур микроводорослей является применение веществ, относящихся к фитогормонам – цитокины, гиббереллины, ауксины и др. [1, 2]. Их использование в процессе выращивания культур различных микроводорослей является объектом внимания широкого круга ученых [3, 4, 5, 6]. В процессе выращивания микроводорослей введение различных доз

фитогормонов предотвращает рост активного кислорода за счет запуска ферментов, отвечающих за антиоксидантную активность, и собственно антиоксидантов, что приводит к предотвращению повреждений клеток, вызванных неблагоприятными факторами окружающей среды [7].

Знания о механизмах действия фитогормонов остаются фрагментарными, а биологические эффекты влияния зависят от концентрации, локализации в тканях растений, а также перекрестного влияния различных групп гормонов [8].

Большинство опубликованных исследований сосредоточены на оценке индивидуального эффекта экзогенных фитогормонов, в то время как синергический эффект фитогормонов разных классов и их влияние на ключевые метаболические ферменты носит спорадический характер [9, 10]. Ранее проведена оценка влияния последовательного применения салициловой и индол-уксусной кислоты при культивированиии *Tetraselmis suecica*. Последовательная обработка фитогормонами стимулировала деление клеток культуры и удельную скорость роста. Однако суммарный эффект влияния фитогормонов был выражен в ингибировании накопления углеводов и липидов [11]. Результируется, что последовательное применение фитогормонов снижает интенсивность метаболизма без изменения тренда биохимического состава.

Оценка синергетического влияния фитогормонов проведена на ограниченном количестве видов микроводорослей: *Chlorella sp*. [12]; *Chlorella sorokiniana* [13] (*Scenedesmus obliquus, Ourococcus multisporus* [9]; *Desmodesmus sp.* [14]. Синергическое влияние фитогрмонов увеличивало темп роста и урожайность микроводорослей [15, 16], продукцию липидов и белка [17]. В исследовании культивирования микроводоросли *Aurantiochytrium sp*. показано положительное зависимое от времени синергическое влияние шести различных по структуре фитогормонов на синтез липидов и докозогексаеновой кислоты [10]. Кратковременное (24 ч) культивирование сопровождалось снижением концентрации активных форм кислорода, малонового альдигида, антиоксидантов (суперокисиддисмутаза, каталаза) и ключевых ферментов липогенеза.

Несмотря на то, что ряд вопросов по комбинированному действию фитогормонов на микроводоросли остаются открытыми, исследование их совместного использования имеет важное значение. Процесс дальнейшего рассмотрения закономерностей и механизмов сочетанного действия фитогормонов на микроводоросли в процессе их культивирования может иметь как количественный, так и качественный эффект, связанный с ростом биомассы и улучшением биохимического состава.

В то же время очевидно, что пути воздействия и сочетанного действия фитогормонов как между собой, так и с другими веществами и системами микроводорослей нуждаются в более глубоком рассмотрении. Также стоит отметить, что остаются мало изученными процессы модерации в микроводорослевых клетках, что обуславливает углубление исследований в отношении фитогормонов эндогенного происхождения [18].

Целью исследования являлась оценка влияния сочетанного воздействия фитогормонов ауксинового и гиббереллинового ряда на культуры микроводоросли *Isochrysis galbana*.

Объекты и методы исследований

В работе использовали культуру микроводоросли *Isochrysis galbana* из коллекции НПДМ ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». Водоросль выращивали в накопительном режиме на питательной среде f/2, которую готовят на основе фильтрованной и стерилизованной морской воды с добавлением растворов основных минеральных солей ($NaNO_3$; $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$; $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$), микроэлементов ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$; $MnCl_2 \cdot 4H_2O$; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$; ЭДТА-Na_2; $FeCl_3 \cdot 6H_2O$) и витаминов (B_1; B_7; B_{12}) [19]. Культура водорослей содержалась при постоянных условиях: температуре 21–23 °С, освещенности 8–10 клк, фотопериоде 8 : 16 ч (свет : темнота) и периодическом перемешивании (4–5 раз в сутки).

В качестве стимулятора роста использовали гиббереллиновую (ГК) и индолил-3-уксусную (3ИУК) кислоты (Hebei Guanlang Biotechnology Co., Ltd, China). Эффективные концентрации стимуляторов были определены в ранее проведенных исследованиях [20, 21] и составляли для культуры *Isochrysis galbana* $0{,}39\times10^{-8}$ М в случае гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М – в случае индолил-3-уксусной кислоты/

В качестве культиваторов использовались стеклянные термостойкие конические колбы объемом 1 л. В эксперименте использовали стерильные колбы, в которые в начале эксперимента наливали 400 мл чистой фильтрованной и стерилизованной морской воды, 100 мл культуры водорослей и стимулятор в исследуемых концентрациях. Одна колба была контрольной, т.е. культура росла без добавления стимулятора роста.

Культивирование осуществляли в монокультуре. Динамику роста клеточных культур исследовали с помощью светового микроскопа. Прирост биомассы водорослей определяли по увеличению числа клеток, просчитанных в каждом опыте в трех камерах Горяева под световым микроскопом. Продолжительность эксперимента составляла 14 дней.

Общее содержание углеводов оценивали методом кислотного гидролиза проб взвези водорослей, за счет чего образовавшиеся моносахаридные единицы переходят в фурфурольные производные, которые при добавлении в раствор L-триптофана образуют окрашенные комплексы, поглощающие свет при длине волны 540 нм [22].

Пробоподготовку для определения белка проводили согласно [23]. Определение содержание белка проводили методом Лоури [24].

Общее содержание липидов проводили методом, в основе которого лежит цветная реакция ванилина в кислой среде с липидами, с образованием интенсивного окрашивания. Хромогенными группами выступают гидроксильные и карбонильные [25].

Сумму хлорофиллов выделяли методом экстракции ацетоном из предварительно замороженной биомассы водорослей [26]. Количественное содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрически при длинах волн 630, 647, 664 и 750 нм. В качестве контроля использовали 90 % ацетон [27].

Расчет скорости роста популяции (R), количества делений в сутки (K) и времени удвоения популяции (T_2) производили, как указано в [28].

Обработка результатов проводилась с использованием программного обеспечения Excel и STATISTICA® 7.0, определяя стандартное отклонение и доверительный интервал в трех повторениях экспериментов. Среднюю квадратичную ошибку определяли с учетом доверительного интервала $\Delta = \pm 5$ % и надежности $p \leq 0{,}05$.

Результаты и их обсуждение

Процесс рассмотрения закономерностей и механизмов сочетанного действия фитогормонов на микроводоросли в процессе их культивирования может иметь как количественный, так и качественный эффект, связанный с ростом биомассы и изменением биохимического состава.

Проведены экспериментальные исследования по оценке совместного влияния фитогормонов различной природы, гиббереллинового и ауксинового ряда, на ростовые показатели культуры *Isochrysis galbana.* Эксперимент включал внесение в культивационную среду одновременно двух фитогормонов, гиббереллиновой и индолил-3-уксусной кислот в эффективных концентрациях. Продолжительность эксперимента составляла 14 сут. Эффективные концентрации вносимых в культуральную среду фитогормонов выбраны на основании ранее проведенных исследований [20, 21]. Кривые роста *Isochrysis galbana,* выращенной на среде с добавлением двух гормонов (О) и среде без добавления фитогормонов, контроль (К), представлены на рис. 1.

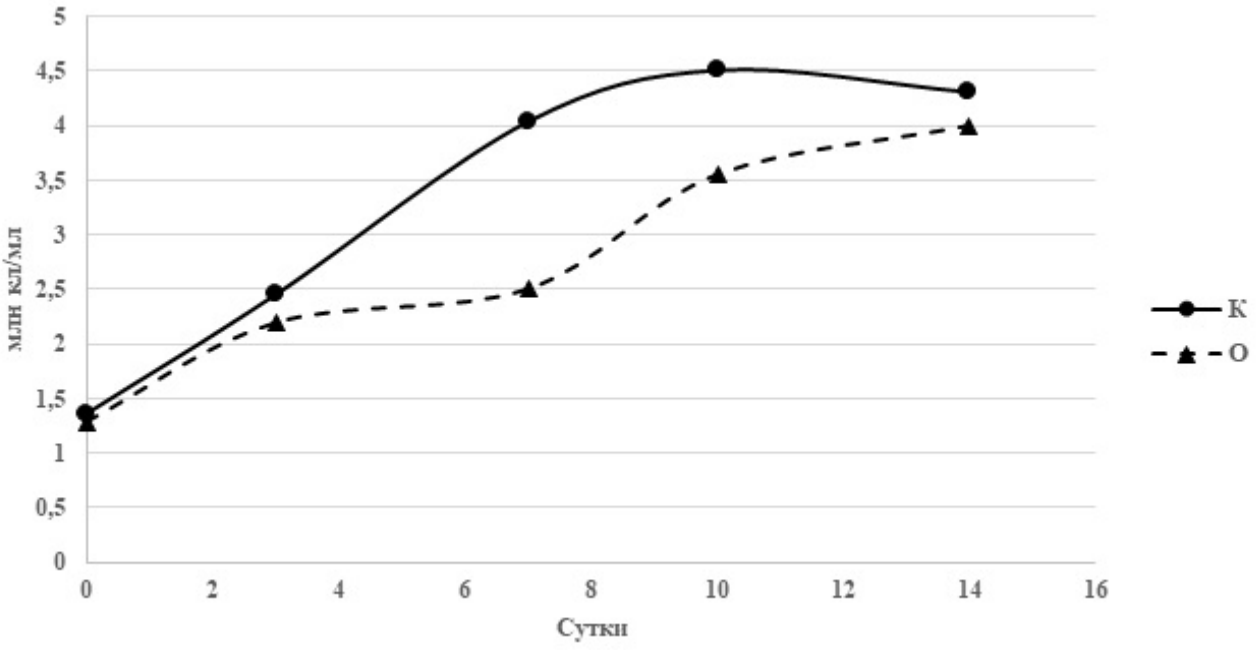


Рис. 1. Влияние на динамику плотности микроводоросли *Isochrysis galbana* в накопительной культуре внесения $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 1. Effect of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O) on the density dynamics of *Isochrysis galbana* microalgae in a cumulative culture, compared with the control (K). Compiled by the authors

Из представленных данных видно, что линейный рост контрольной культуры сохраняется в первые 7 сут культивирования и составляет 315 % по сравнению с исходными значениями. Максимальная плотность культуры отмечена на 10-е сутки культивирования и составляет 4,5 млн кл./мл культуральной среды. Дальнейшее культивирование *I. galbana* сопровождается снижением плотности культуры до 4,3 млн клеток, что, по-видимому, свидетельствует о смене генераций.

В опытной группе с применением смеси двух гормонов рост культуры *I. galbana* отмечался в течение всего времени эксперимента. Однако плотность культуры в период активного роста (лаг-фаза) была ниже, чем в контрольной группе. Так, на 10-е сутки культивирования плотность клеток в опытной культуре составляла 3,55 млн клеток на мл, что в 1,27 раза меньше, чем в контрольной группе. Однако ко времени окончания эксперимента (14 сут) плотность клеток в опытной и контрольной группах достоверно не различалась.

Проведённый расчет констант роста культуры *Isochrysis galbana* (таблица) подтверждает сделанное заключение. Удельная скорость роста, количество делений в день и время удвоения популяции микроводоросли в культуре (0–14 сут) были равны в опытной и контрольной культурах.

Влияние на константы роста в накопительной культуре *Isochrysis galbana* внесения $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К)

Effect of the addition of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O) on the growth constants in the cumulative culture of *Isochrysis galbana,* compared with the control (K)

	Период, сут	Удельная скорость роста R, сутки$^{-1}$	Количество делений в день К	Время удвоения популяции Т2
К	0–3	0,196	0,283	3,54
	0–7	0,155	0,224	4,47
	7–14	0,009	0,013	**7,7**
	0–14	0,082	0,118	8,45
О	0–3	0,179	0,258	3,87
	0–7	0,096	0,138	7,21
	7–14	0,067	0,097	10,3
	0–14	0,081	0,117	8,56

Однако в первые 7 сут культивирования отмечено снижение величин констант роста и количества делений в день в опытной и контрольной культурах. Наибольшее снижение величин констант роста отмечено в опытной культуре, что сопровождается практически 2-кратным увеличением времени удвоения популяции клеток.

Второй период культивирования (7–14 сут) выявил дальнейшее значительное снижение удельной скорости роста контрольной культуры и количества делений в сутки (в 17,2 раза).

Снижение удельной скорости роста в опытной культуре в этот период было менее значительным (в 1,4 раза), чем в контрольной группе. Разница значений времени удвоения популяции между контрольной и опытной группами в этот период составляла 2,6 сут.

Таким образом, проведенным исследованием установлена специфичность действия комбинации гормонов на рост *Isochrysis galbana* в накопительной культуре.

Ранее проведенными исследованиями установлено стимулирующее влияние на накопление биохимических компонентов, отдельных фитогормонов в процессе накопительного культивирования *Isochrysis galbana*.

В настоящем исследовании проведено определение влияния комбинации гормонов фитогормонов ауксинового и гиббереллинового ряда на биохимические показатели культуры *I. galbana.*

Данные по динамике накопления белка в контрольной и опытной группах представлены на рис. 2.

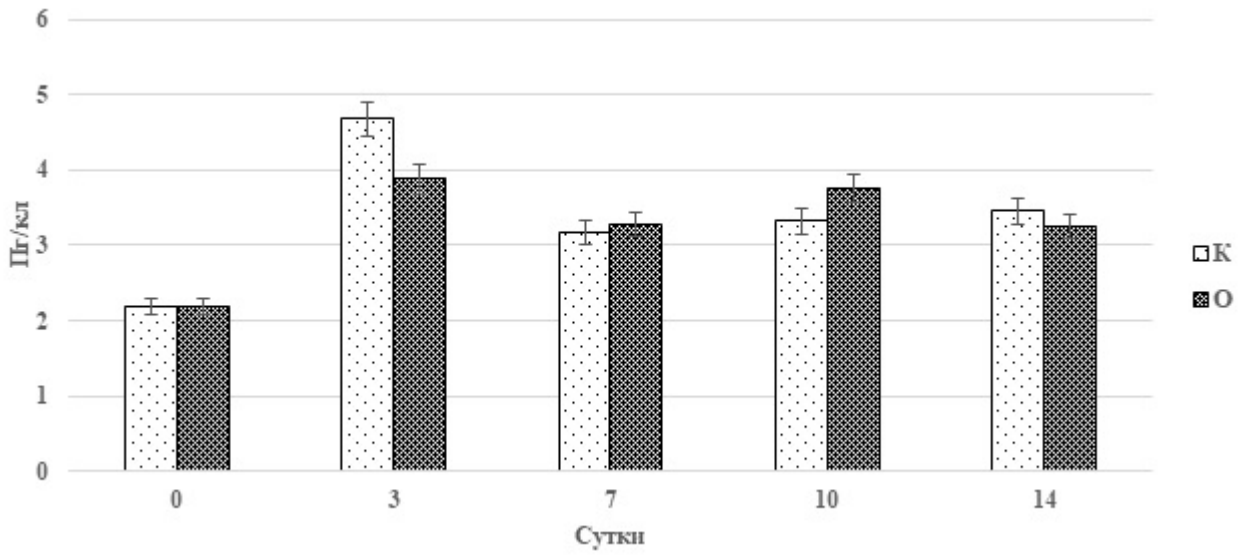


Рис. 2. Динамика накопления белка в культуре *Isochrysis galbana* при внесении $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 2. Dynamics of protein accumulation in *Isochrysis galbana* culture with the addition of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O), compared with the control (K). Compiled by the authors

Общая тенденция динамики концентрации белка в опытной и контрольной группах характеризуется в его увеличение на третьи сутки культивирования и незначительным снижением к 7-м суткам культивирования в 1,2–1,4 раза соответственно. Дальнейшее культивирование культуры *I. galbana* не оказывало влияния на концентрацию белка. Следует отметить, что не выявлено достоверных отличий в концентрации белка в контрольной и опытной группах на каждом этапе эксперимента (рис. 2).

В процессе проведенного эксперимента отмечено также резкое снижение концентрации углеводов в культуре *I. galbana* (рис. 3).

В первые трое суток культивирования концентрация углеводов снижалась в 1,8 и 1,2 раза в контрольной и опытной группах соответственно (рис. 3). Причиной менее выраженного снижения концентрации углеводов в опытной группе может являться результатом синергического действия гормонов. Следует отметить, что, несмотря на общую тенденцию снижения углеводов в процессе культивирования *I. galbana*, уровень концентрации углеводов в опытной группе был достоверно выше, чем в контрольной.

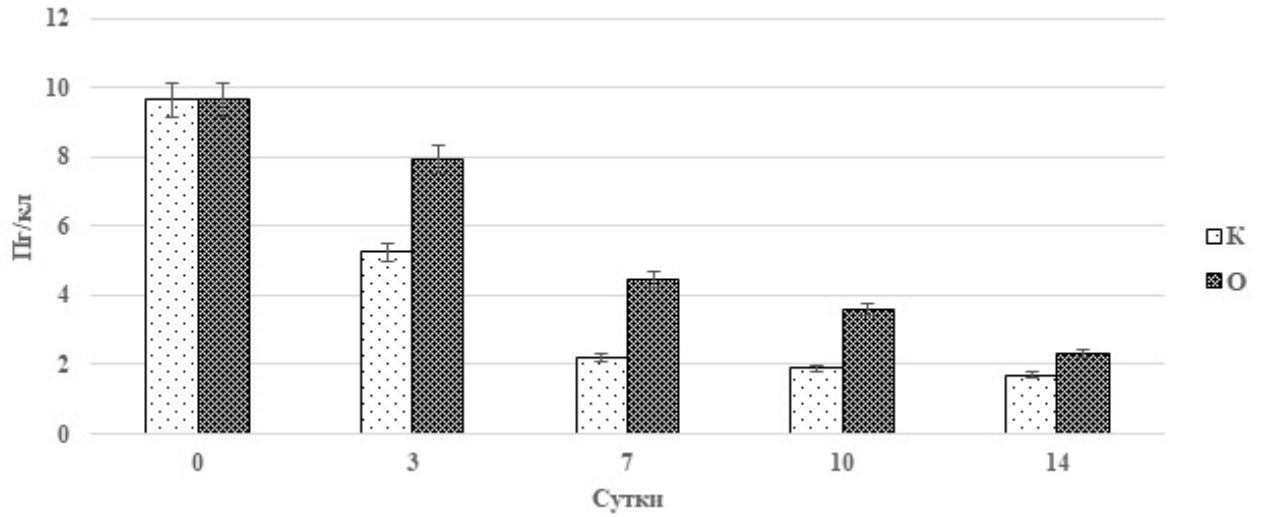


Рис. 3. Динамика накопления углеводов в культуре *Isochrysis galbana* при внесении $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 3. Dynamics of carbohydrate accumulation in *Isochrysis galbana* culture with the addition of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O), compared with the control (K). Compiled by the authors

По-видимому, полученные результаты свидетельствуют об отсутствии накопления углеводов в период активного роста культуры *I. galbana*.

Динамика накопления липидов культурой *I. galbana* аналогична таковой для углеводов. Однако следует отметить, что различия в концентрации липидов на третьи сутки культивирования между контрольной и опытной группой не было выявлено (рис. 4).

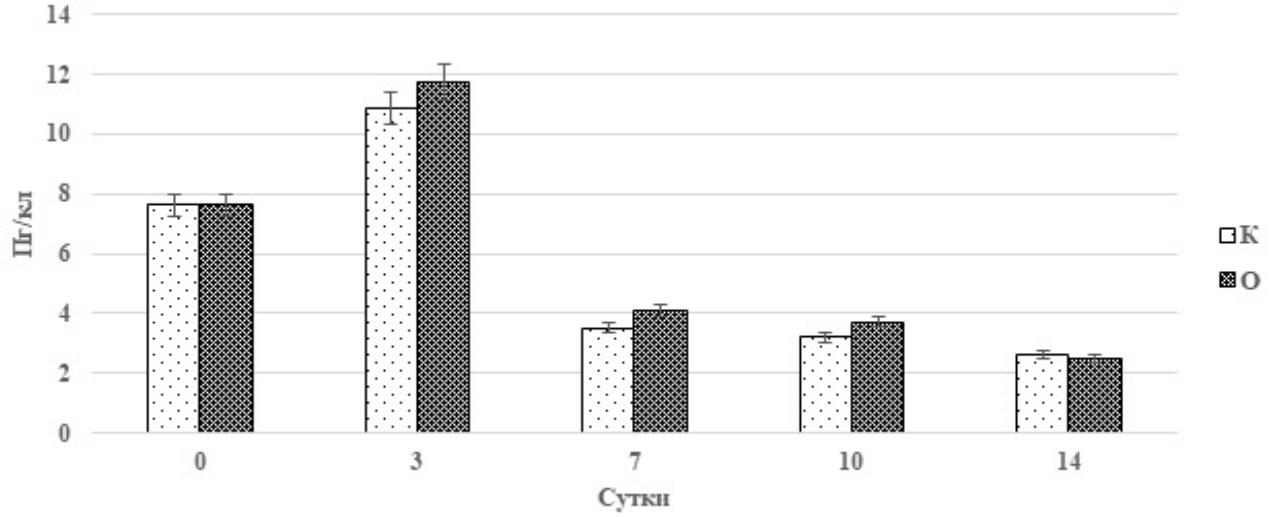


Рис. 4. Динамика накопления липидов в культуре *Isochrysis galbana* при внесении $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 4. Dynamics of lipid accumulation in Isochrysis galbana culture with the addition of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O), compared with the control (K). Compiled by the authors

Снижение концентрации липидов составило 1,5 и 1,4 раза для опытной и контрольной групп соответственно. Общее снижение концентрации липидов к окончанию эксперимента составило 2,9 раза (рис. 4). Накопление липидов в культурах микроводорослей отмечается, как правило, в период лаг-фазы. В период активного роста накопления не происходит вследствие перераспределения энергетических ресурсов на метаболические пути, связанные с размножением.

Показателем метаболической активности растительной клетки является количественное содержание пигментов фотосинтеза.

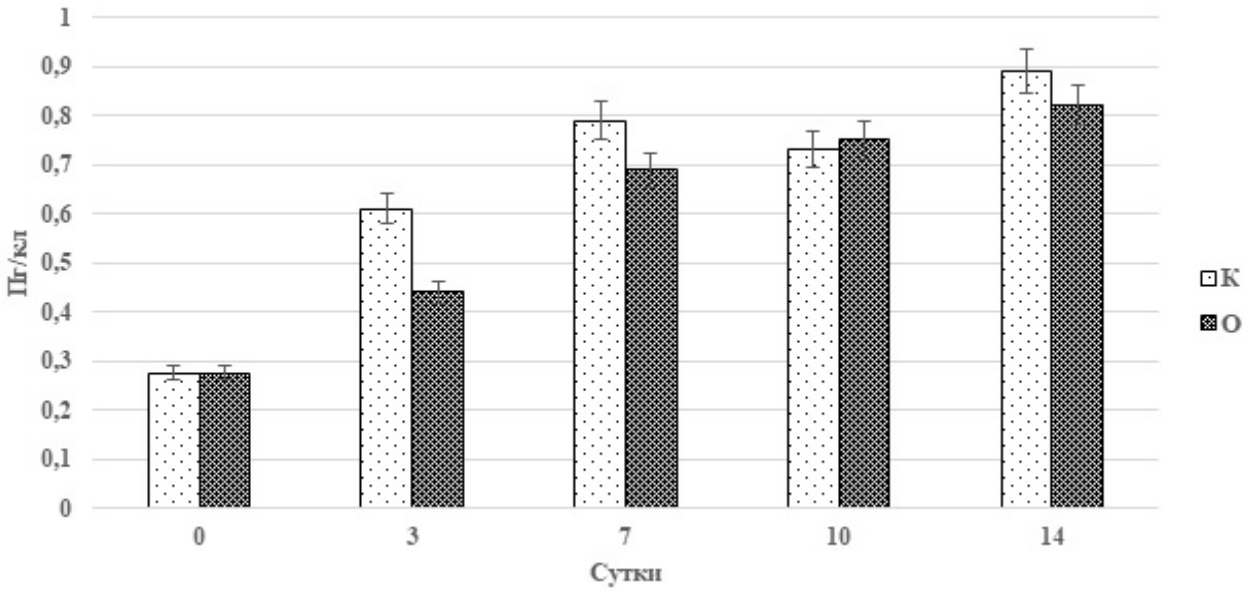


Рис. 5. Динамика накопления хлорофилла в культуре *Isochrysis galbana* при внесении $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (О), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 5. The dynamics of chlorophyll accumulation in the culture of *Isochrysis galbana* with the addition of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (O), compared with the control (K). Compiled by the authors

Проведённым экспериментом установлено накопление хлорофилла в первые 7 сут культивирования. Рост концентрации пигмента составил 2,5 и 2,9 раза в опытной и контрольной культурах соответственно (рис. 5). Дальнейшее культивирование не оказывало влияния на данный показатель. Следует отметить, что в каждой временной точке эксперимента, значения показателя в контрольной и опытной группах достоверно не различались. Выявленная динамика концентрации хлорофилла соответствует фазе активного роста микроводорослей.

Заключение

Рост и развитие растений – сложный динамический процесс, требующий быстрых и адекватных реакций на сигналы окружающей среды.

Восприимчивость воздействия внешних факторов обеспечивают сложные сигнальные сети, способные быстро адаптироваться к изменяющимся внешним условиям. Известно, что фитогормоны играют центральную роль в регулировании роста при стрессе. Установлено, что взаимодействие между различными фитогормонами является естественным механизмом стрессоустойчивости растений.

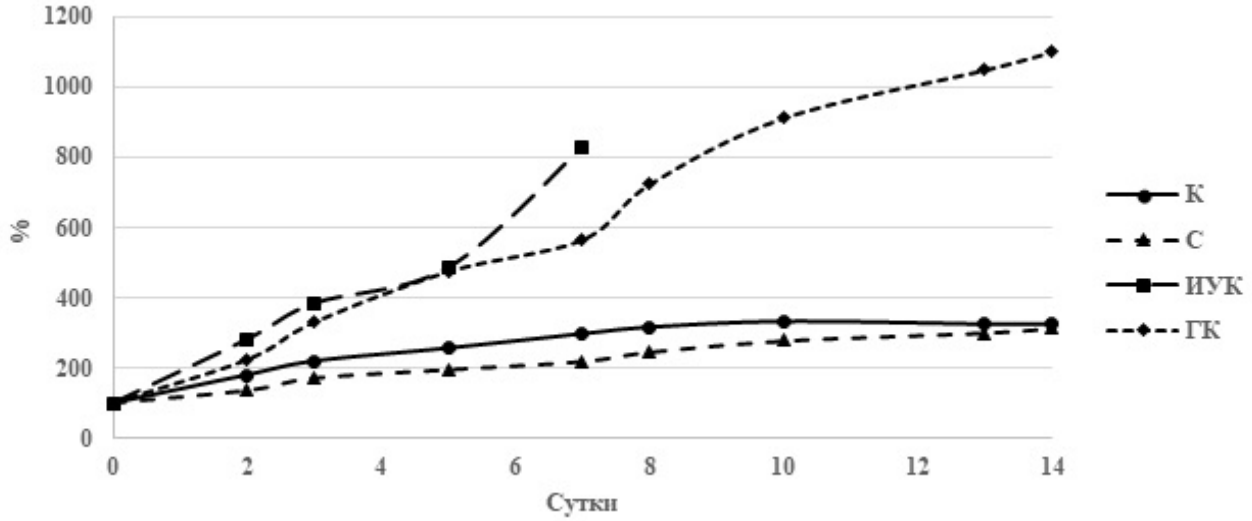


Рис. 6. Кривые роста микроводоросли *Isochrysis galbana* в накопительной культуре под влиянием $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой кислоты (ГК), $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (ИУК) и смеси $0{,}39\times10^{-8}$ М гиббереллиновой и $0{,}1\times10^{-5}$ М индол-3-уксусной кислоты (С), по сравнению с контролем (К). Составлено авторами

Fig. 6. Growth curves of *Isochrysis galbana* microalgae in a cumulative culture under the influence of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid (HA), $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (IAC) and a mixture of $0{,}39\times10^{-8}$ M gibberellic acid and $0{,}1\times10^{-5}$ M indole-3-acetic acid (C), compared with the control (K). Compiled by the authors

Проведенное исследование и ранее полученные данные [19, 20] по культивированию культуры *I. galbana* с различными фитогормонами показало их стимулирующий эффект на прирост биомассы (рис. 6). Так, плотность культуры *I. galbana* под влиянием гибберелиновой кислоты на 14-е сут культивирования увеличивалась на 1100 %, а под влиянием индол-уксусной кислоты на 7-е сут – на 800 %, по сравнению с исходными значениями.

Проведенное исследование показало ингибирующий эффект на рост микроводоросли смеси эффективных концентраций двух гормонов. Выявлено тормозящее действие фитогормонов на накопление основных структурных и питательных компонентов микроводорослей. В то же время концентрация хлорофилла увеличивалась весь период культивирования, что свидетельствует об активном делении клеточной популяции.

Исследование механизмов биохимической адаптации растений показывают изменения в их развитии в ответ на абиотический стресс, который можно объяснить взаимодействием фитогормонов в процессе внутриклеточной сигнализации.

Выявленные связи объясняют многочисленные биологические ответы под влиянием фитогормонов различной природы. Очевидно, что эта парадигма будет играть центральную роль в интерпретации регулирования развития растений. Выяснение молекулярных механизмов, регулирующих биосинтез, трансдукцию сигналов и биологические эффекты гормонов, позволяет определить пути модификации биосинтеза гормонов при создании трансгенных культур с повышенной устойчивостью к абиотическому стрессу. Изучение взаимодействия гормонов в регуляции роста и состава является основой повышения урожайности.

В научной литературе мало сведений о влиянии эндогенных растительных гормонов на микроводоросли. В то же время исследование влияния отдельных фитогормонов и их смесей представляется перспективной задачей для обоснования биотехнологии микроводорослей как продуцентов и разработки способов защиты водоемов при цветении токсичных микроводорослей.

Список источников

1. Singh P., Kumari S., Guldhe A., Misra R., Rawat I., Bux F. Trends and novel strategies for enhancing lipid accumulation and quality in microalgae // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 55. P. 1–16.

2. Parsaeimehr A., Mancera-Andrade E. I., Robledo-Padilla F., Iqbal H. M., Parra-Saldivar R. A chemical approach to manipulate the algal growth, lipid content and high-value alpha-linolenic acid for biodiesel production // Algal Research. 2017. Vol. 26. P. 312–322.

3. Lin B., Ahmed F., Du H., Li Z., Yan Y., Huang Y., Cui M., Yin Y., Li B., Wang M. Plant growth regulators promote lipid and carotenoid accumulation in *Chlorella vulgaris* // Journal of Applied Phycology. 2018. Vol. 30. P. 1549–1561.

4. Renuka N., Guldhe A., Singh P., Ansari F., Rawat I., Bux F. Evaluating the potential of cytokinins for biomass and lipid enhancement in microalga *Acutodesmus obliquus* under nitrogen stress // Energy Conversion and Management. 2017. Vol. 140. P. 14–23.

5. Arora S., Mishra G. Biochemical modulation of *Monodopsis subterranea* (Eustigmatophyceae) by auxin and cytokinin enhances eicosapentaenoic acid productivity // Journal of Applied Phycology. 2019. Vol. 31. P. 3441–3452.

6. Han SF., Jin W., Abomohra A., Zhou X., Tu R., Chen C., Chen H., Gao S., Wang Q. Enhancement of lipid production of *Scenedesmus obliquus* cultivated in municipal wastewater by plant growth regulator treatment // Waste and Biomass Valorization. 2019. Vol. 10. P. 2479–2485.

7. Yu X. H., Chen L., Zhang W. W., Angelis M. D. Chemicals to enhance microalgal growth and accumulation of high-value bioproducts // Frontiers in Microbiology. 2015. Vol. 6. P. 56.

8. Davies P. J. Regulatory factors in hormone action: Level, location and signal transduction. In Plant Hormones; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2010; pp. 16–35.

9. Babu A. G., Wu X. G., Kabra A. K., Kim D. Cultivation of an indigenous with phytohormones for biomass and lipid production under N-limitation // Algal Research. 2017. Vol. 23. P. 178–185.

10. Nazir Y., Halim H., Prabhakaran P., Ren X., Naz T., Mohamed H., Nosheen S., Mustafa K., Yang W., Hamid A. A., Song Y. Different classes of phytohormones act synergistically to enhance the growth, lipid and DHA biosynthetic capacity of *Aurantiochytrium sp*. SW1 // Biomolecules. 2020. Vol. 10. P. 755.

11. Ковалев Н. Н., Лескова С. Е., Михеев Е. В, Барсова Е. А. Оценка влияния ауксинов на рост и биохимические показатели *Chaetoceros muelleri* // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 3. С. 205–226.

12. Bajguz A., Piotrowska-Niczyporuk A. Synergistic effect of auxins and brassinosteroids on the growth and regulation of metabolite content in the green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae) // Plant Physiology and Biochemistry. 2013. Vol. 71. P. 290–297.

13. Hunt R.W., Chinnasamy S., Bhatnagar A., Das K.C. Effect of biochemical stimulants on biomass productivity and metabolite content of the microalga, *Chlorella sorokiniana* // Applied Biochemistry and Biotechnology. 2010. Vol. 162. P. 2400–2414.

14. Singh J., Jain D., Agarwal P., Singh R. P. Auxin and cytokinin synergism augmenting biomass and lipid production in microalgae *Desmodesmus sp.* JS07 // Process Biochemistry. 2020. Vol. 95. P. 223–234.

15. Yu X. H., Chen L., Zhang W. W., Angelis M. D. Chemicals to enhance microalgal growth and accumulation of high-value bioproducts // Frontiers in Microbiology. 2015. Vol. 6. P. 56.

16. Thole J. M., Beisner E. R., Liu J., Venkova S. V., Strader L. C. Abscisic acid regulates root elongation through the activities of auxin and ethylene in Arabidopsis thaliana // G3 (Bethesda). 2014. Vol. 4. P. 1259–1274.

17. Liu J., Sommerfeld M., Hu Q. Screening and characterization of Isochrysis strains and optimization of culture conditions for docosahexaenoic acid production // Applied Microbiology and Biotechnology. 2013. Vol. 97. P. 4785–4798.

18. Shah S., Li X., Jiang Z., Fahad S., Hassan S. Exploration of the phytohormone regulation of energy, storage, compound accumulation in microalgae // Food and Energy Security. 2022. Vol. 11. P. 418–434.

19. Guillard, R. R. L. Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrates. In: Smith, M. L. and Chanley, M. H., Eds. Culture of Marine Invertebrates Animals, Plenum Press. New York, 1975. P. 29–60.

20. Ковалев Н. Н, Лескова С. Е., Михеев Е. В. Рост *Isochrysis galbana* в миксотрофных условиях с использованием гиббереллиновой кислоты // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 2(22). https://doi.org/10.23649/jae.2022.2.22.03.

21. Лескова С. Е., Барсова Е. А., Михеев Е. В., Ковалев Н. Н. Индол уксусная кислота – модулятор роста некоторых зеленых и диатомовых водорослей // Комплексные исследования Мирового океана : материалы VIII Всероссийской научной конференции молодых ученых. Владивосток : ННЦМБ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 2024. С. 312–313.

22. Laurens L. M. L., Dempster T. A., Jones H. D. T., Wolfrum E. J., Wychen S. V., McAllister J. S. P., Rencenberger M., Parchert K. J., Gloe L. M. Algal Biomass Constituent Analysis: Method Uncertainties and Investigation of the Underlying Measuring Chemistries // Journal of Analytical Chemistry. 2012. Vol. 84, № 4. P. 1879–1887.

23. Herbert D., Phipps P. J., Strange R. E. Chemical analysis of microbial cells // Methods in Microbiology. 1971. № 5. P. 209–344.

24. Lowry O., Rosenbrougt N., Parr A., Randall R. Protein measurement with the Folin phenol reagent // Journal of Biological Chemistry. 1951. Vol. 193, № 1. P. 265–276.

25. Johnson K. R., Ellis G., Toothill C. The sulfophosphovanilin reaction for serum lipids: a reappraisal // Clinical Chemistry. 1977. Vol. 23. P. 1669–1673.

26. Carneiro M., Pojo V., Malcata F. X., Otero A. Lipid accumulation in selected *Tetraselmis* strains // Journal of Applied Phycology. 2019. Vol. 31, № 5. P. 2845–2853.

27. Aminot A., Ray F. Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. ICES techniques in marine environmental sciences // International Council for the Exploration of the Sea. 2001. 16 p.

28. Wood A. M., Everroad R. C., Wingard L. M. Measuring Growth Rates in Microalgal Cultures. In: Andersen R.A. Algal Culturing Technique: Elsevier Academic Press. New York, 2005. P. 269–285.

Сведения об авторах

Е. В. Михеев – кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, SPIN-код: 1244-4962.

С. Е. Лескова – кандидат биологических наук, доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ, SPIN-код: 5124-2384.

Н. Н. Ковалев – доктор биологических наук, главный научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, Author ID: 96894.

Information about the authors

E. V. Mikheev – PhD in Technical Sciences, Head Researcher of Research Institute of Innovative Biotechnologies, SPIN-code: 1244-4962.

S. E. Leskova – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biodiversity and Marine Bioresources, Far Eastern Federal University, SPIN-code: 5124-2384.

N. N. Kovalev – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of Research Institute of Innovative Biotechnologies, Author ID: 96894.

Статья поступила в редакцию 04.09.2025; одобрена после рецензирования 01.10.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 04.09.2025; approved after reviewing 01.10.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 156–163.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 532.5+639.2.081:681.3 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-16 EDN: TYJIVN

Характеристики деформации и поле течения вокруг безузловой полиэтиленовой сети

Дмитрий Анатольевич Пилипчук
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
pilipchukda@mail.ru

Аннотация. Исследование характеристик деформации и особенностей течения жидкости вокруг безузловой полиэтиленовой сети при взаимодействии жидкой среды (Fluid-Structure Interaction, FSI) представляет собой комплексную задачу, требующую глубокого анализа и применения современных методов вычислительной гидродинамики и механики деформируемых твердых тел.

В данной работе проводится детальное изучение поведения сети под воздействием потока жидкости, что позволяет выявить ключевые механизмы деформации и оценить их влияние на характеристики потока. Особое внимание уделяется учету связи между сетным полотном и жидкой средой, что является важным аспектом для корректного моделирования процессов взаимодействия.

Ключевые слова: твердые тела, метод конечных элементов, вычислительная гидродинамика, сеть, деформация

Для цитирования: Пилипчук Д. А. Характеристики деформации и поле течения вокруг безузловой полиэтиленовой сети // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 156–163.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 156–163.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Deformation characteristics and flow field around a nodeless polyethylene mesh

Dmitry A. Pilipchuk
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
pilipchukda@mail.ru

Abstract. The study of the deformation characteristics and features of the fluid flow around a nodeless polyethylene network during the interaction of a liquid medium (Fluid-Structure Interaction, FSI) is a complex task requiring in-depth analysis and application of modern methods of computational fluid dynamics and mechanics of deformable solids.

In this paper, a detailed study of the behavior of the network under the influence of fluid flow is carried out, which allows us to identify key deformation mechanisms and assess their impact on the flow characteristics. Special attention is paid to taking into account the connection between the mesh web and the liquid medium, which is an important aspect for the correct modeling of interaction processes.

© Пилипчук Д. А., 2025

Keywords: solids, finite element method, computational fluid dynamics, network, deformation

For citation: Pilipchuk D. A. Deformation characteristics and flow field around a nodeless polyethylene mesh. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 156–163. (In Russ.).

Введение

Сетные полотна являются наиболее важным компонентом орудий рыболовства. Они представляют собой сложную, гибкую и пористую структуру [1]. Безузловая полиэтиленовая (ПЭ) сеть используется по всему миру благодаря своим превосходным гидродинамическим характеристикам, таким как низкое сопротивление и влагопоглощение [1]. Под совместным действием различных внешних и внутренних сил сеть легко деформируется [1].

Под действием потока воды сеть меняет геометрию, а гидродинамические силы, действующие на неё, стремятся уменьшиться. Деформированная сеть влияет на распределение поля течения вокруг неё.

За последнее десятилетие численное моделирование стало одним из самых популярных методов оценки конструкции рыболовных снастей и их эффективности [2].

Одним из преимуществ численного моделирования является то, что оно учитывает конструкцию орудия лова и окружающую среду, в которой оно находится. Это позволяет решать уравнения гидродинамики с учётом гидродинамических сил и распределения скоростей в каждой части системы. Некоторые исследователи показали, что результаты, полученные с помощью численного моделирования, и результаты экспериментов в лотковых бассейнах схожи, а затраты на численное моделирование всегда ниже, чем затраты на эксперименты в лотковых бассейнах. Численное моделирование с использованием взаимодействия жидкости и орудия лова предполагает объединение вычислительной гидродинамики (CFD) и структурной механики [2].

Существуют различные модели для моделирования взаимодействия жидкости и конструкции, которые делятся на односторонние и двусторонние [3].

Исследования гидродинамического поведения сетей и поля течения через рыболовную сеть проводились в течение нескольких десятилетий с использованием теоретического анализа, экспериментов в лотковых бассейнах и численного моделирования [2, 4].

Исследователи [5–7] провели эксперименты по нахождению гидродинамических характеристик сеток с узлами и без узлов, изготовленных из плетеных, крученых канатов. Основное внимание уделялось гидродинамическим характеристикам рыболовных снастей и анализу поля течения с помощью трёхмерного численного моделирования. Однако редко изучаются такие характеристики, как деформация сети под воздействием потока воды и распределение окружающего поля течения. Целью данного исследования было численное изучение влияния угла атаки на гидродинамические силы, поле течения и структурную деформацию полиэтиленовой сети. Для описания поля течения через сеть и изучения турбулентного потока использовалась модель k-ω SST. Для описания гибкости структуры сетки и смещения узлов использовалась нелинейная конечно-элементная модель с большими деформациями.

Объекты и методы исследований

Вода является несжимаемой ньютоновской жидкостью, течение рассматривалось как вязкое трёхмерное нестационарное турбулентное течение в пограничном слое. Модель k-ω SST – это модель турбулентности с широким спектром применения. Эта модель, как правило, более точно предсказывает особенности пристеночного пограничного слоя благодаря расширенной обработке пристеночных областей по умолчанию [8].

SST-модель Ментера представляет собой гибрид k-ε и k-ω моделей турбулентности и может автоматически переключаться между основным потоком и пристеночной областью [9–10].

Для анализа структурных деформаций сети в потоке жидкости использовалась нелинейная структурная модель конечных элементов с большой деформацией. В этом исследовании для моделирования крепления сети использовался круглый цилиндр с шестью степенями свободы. Сама сеть выполнена в виде круглых цилиндров, соединённых с помощью шарниров (шарнир не имеет изгибающего момента). Геометрическая структура сети в потоке жидкости рассматривалась как нелинейная структура с большой деформацией.

В этой численной модели имеется два набора элементов и узлов: один для потока жидкости, а другой – для структуры сети. Давление (Pa) на узлы текучей среды может быть получено путем решения модели k-ω SST, а нагрузки, действующие на элемент сети, могут быть рассчитаны путем интегрирования давления на границе раздела текучая среда–структура по внешнему периметру сетки. Линейная нагрузка действует на каждый элемент сети как входная гидродинамическая нагрузка и используется для расчета деформации конструкции сети с использованием нелинейной структурной модели.

Структура сетки, используемая в численной модели, показана на рис. 1.

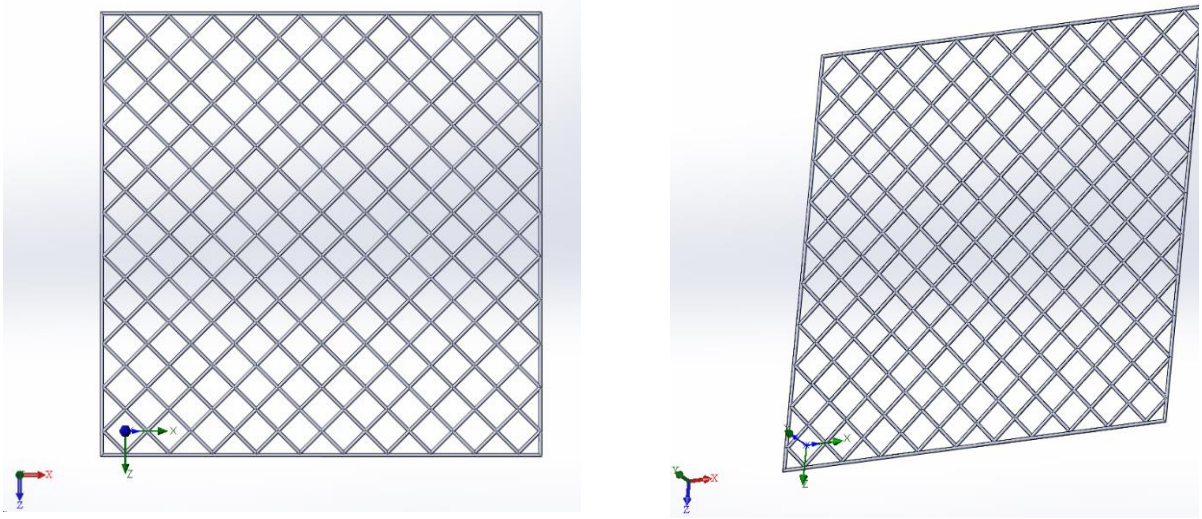


Рис. 1. Трехмерный вид сети. Составлено автором
Fig. 1. 3D view of numerical netting. Compiled by the author

Структура сети представлена многочисленными цилиндрами, которые являются препятствиями для потока жидкости. В данном исследовании каркас представлен четырьмя цилиндрами (рис. 1). На рис. 2 представлены граничные условия направления течения жидкости.

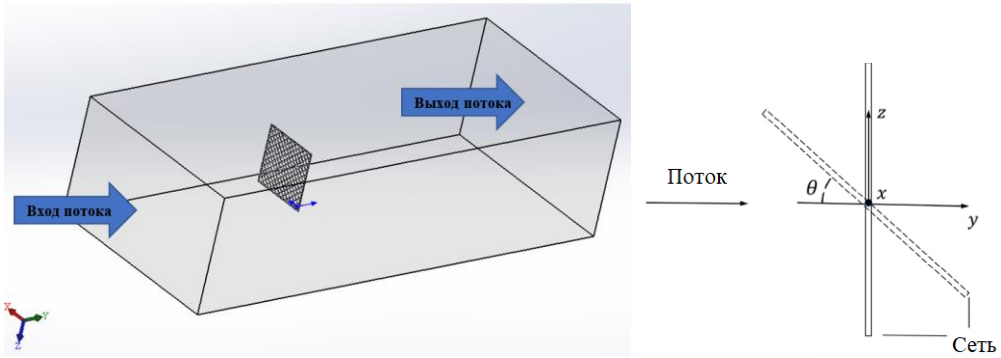


Рис. 2. Распределение сети в модели CFD, используемой для численного моделирования течения. Составлено автором
Fig. 2. Mesh distribution of the CFD model used in the numerical simulation of a netting. Compiled by the author

Левая сторона расчетной области была задана в качестве границы скорости на входе, представляющей входную поверхность. На этой поверхности скорость потока устанавливается равной скорости набегающего потока, а давление – равным нулю. Началом координат был выбран центр плоской сетки на свободной поверхности. В системе координат «Y» обозначает направление потока, «Z» указывает направление вверх, а «X» перпендикулярен направлению потока в горизонтальной плоскости. При использовании модели k-ω для расчета турбулентного потока следует указать величины турбулентности на входе (k и ω) на границе скорости и входа.

По сравнению с другими моделями турбулентности, модель k-ω SST может быть интегрирована через вязкий подслой без необходимости двухслойного подхода. Эта особенность может быть использована для обработки стенок, нечувствительных к подъемной силе. Для достижения оптимального типа и размера сети дробления были применены структурированные сетки для создания сетки области продувки и исследуемого объекта. Сверху, по бокам и снизу сеть была фиксирована (рис. 3).

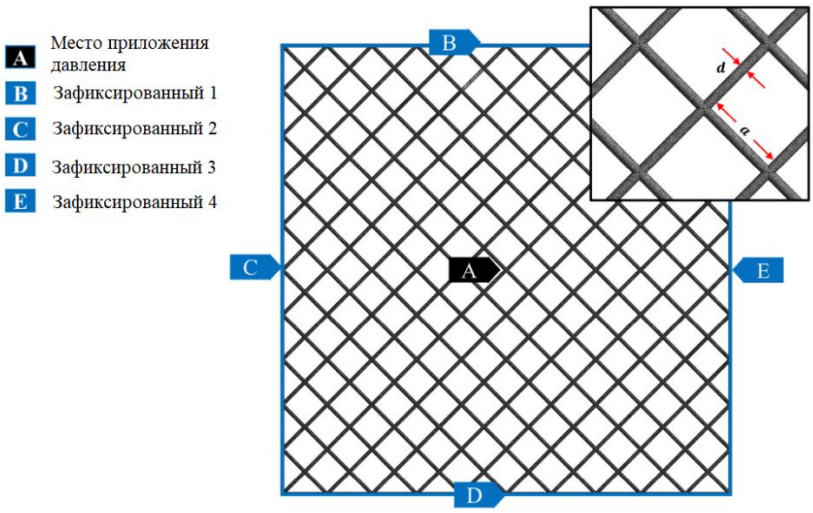


Рис. 3. Распределение сети в модели и ограничения. Составлено автором
Fig. 3. Mesh distribution in the model and constraints. Compiled by the author

Результаты и их обсуждения

Экспериментальные результаты, полученные в работе [2], были использованы для проверки численной модели. В численном моделировании были использованы три полиэтиленовые сети без узлов с различными диаметрами и шагом ячеи, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Параметры структуры сети и свойства материалов, использованных в моделировании

Table 1

Structure parameters of the netting and material properties used in the simulations

№ нитки	Материал	D, мм	a, mm
Сеть 1	Полиэтилен	2	60
Сеть 2	Полиэтилен	3	30
Сеть 3	Полиэтилен	4	30

Наклонные силы сопротивления и подъемная сила были рассчитаны при скоростях набегающего потока 0,5, 0,8 и 1 м/с, а нормальная и параллельная силы сопротивления были измерены при скоростях набегающего потока 0,5, 0,6 и 1,2 м/с. Угол атаки изменялся от 0° до 90°

с интервалом в 15°. Угол раскрытия ячеи модели 45°. Число Рейнольдса описано в табл. 2. Из этой таблицы видно, что число Рейнольдса для сети варьируется от 949,40 до 3687,50, что свидетельствует о развитии турбулентного течения через сеть, что оправдывает использование модели k-ω.

Как показано на рис. 4, перед сеткой имеется небольшая зона затухания скорости, а за сеткой – очень большая зона затухания скорости, соответствующая следам за сеткой и турбулентному обтеканию сетки. Эти результаты показывают, что увеличение угла атаки увеличивает зону ослабления скорости (зону кильватерного следа). Снижение скорости в зоне кильватерного следа максимально, когда угол атаки равен 90°.

Таблица 2

Число Рейнольдса для каждой сетки

Table 2

Reynolds number for each netting

Скорость, м/с	Re		
	Сеть 1	Сеть 2	Сеть 3
0,4	949,40	1113,10	1229,17
0,5	1186,76	1391,37	1536,46
0,6	1424,11	1669,64	1843,75
0,8	1898,81	2226,19	2458,33
1,0	2373,51	2782,74	3072,92
1,2	2848,21	3339,29	3687,50

Вдоль центральной линии сетки происходит очевидное снижение скорости, и это снижение скорости уменьшается с уменьшением угла наклона (рис. 4). Колебания величины изменения скорости наблюдаются вдоль центральной линии сети при 0,2<y<0,5 для всех углов атаки.

Эти колебания в основном обусловлены эффектом следа от отверстия в сети, что указывает на развитие турбулентного течения из-за завихрений вокруг сети, что приводит к снижению скорости (рис. 5).

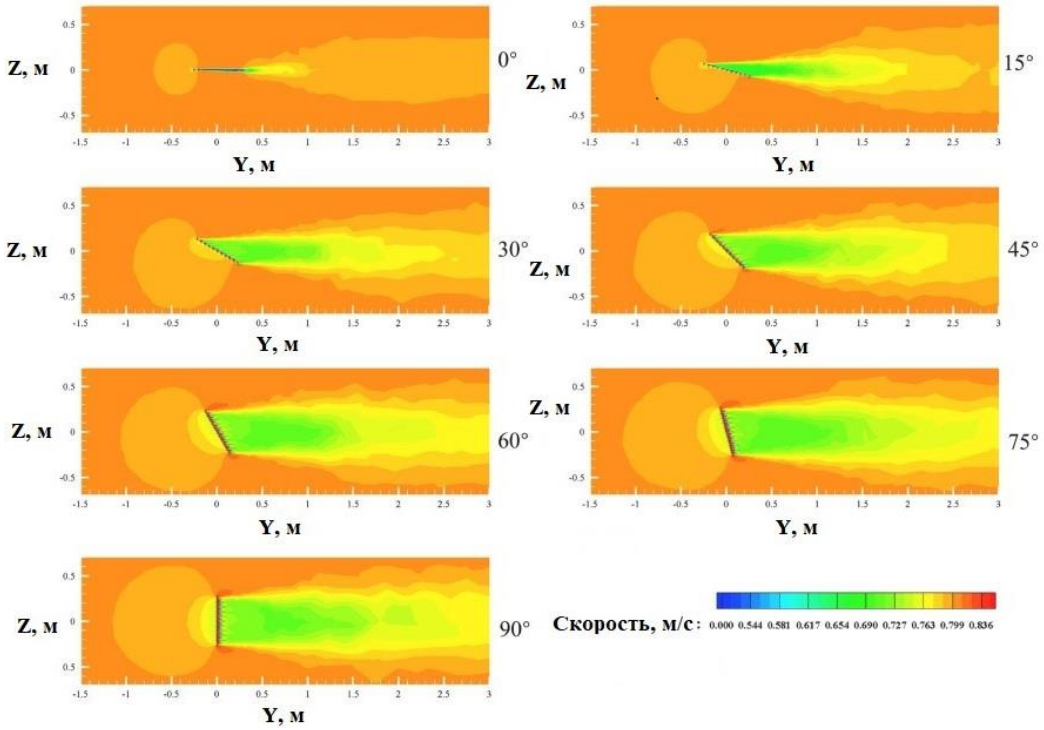


Рис. 4. Распределение скорости по сети при различных углах атаки. Составлено автором

Fig. 4. Velocity distribution through the netting in different attack angle. Compiled by the author

На рис. 6 показано, что распределение деформации сети слишком сконцентрировано в центре. Таким образом, сетка испытывает большую деформацию в своем центре по сравнению с другими частями сети.

В настоящее время невозможно определить шероховатость поверхности полиэтиленовой сети без узлов. Во время расчета шероховатость поверхности сетки была установлена равной 0,1 мм. Когда скорость потока ниже, трение между потоком воды и сетью приводит к увеличению силы сопротивления сети.

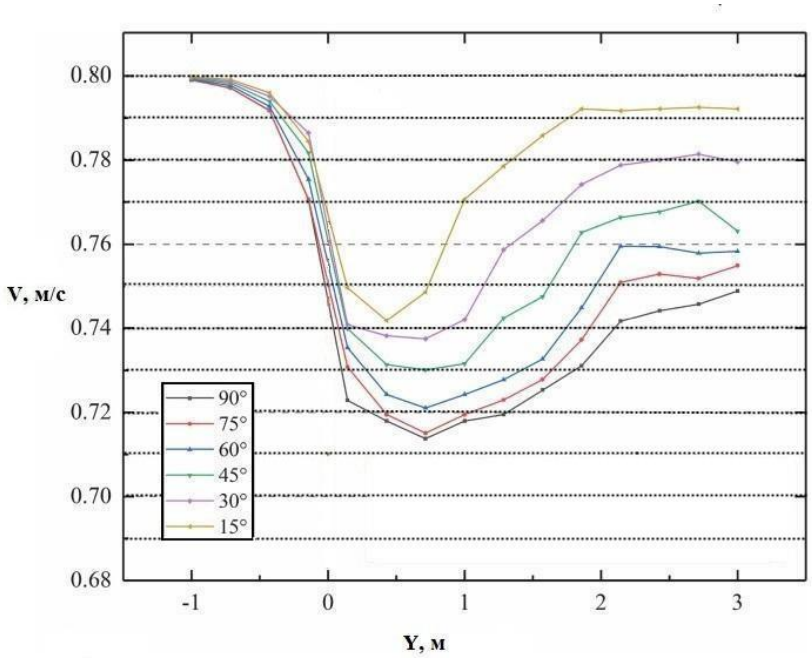


Рис. 5. Изменение потока вдоль центральной линии сетки при различном угле атаки. Составлено автором

Fig. 5. Flow variation along central line through netting at different attack angle. Compiled by the author

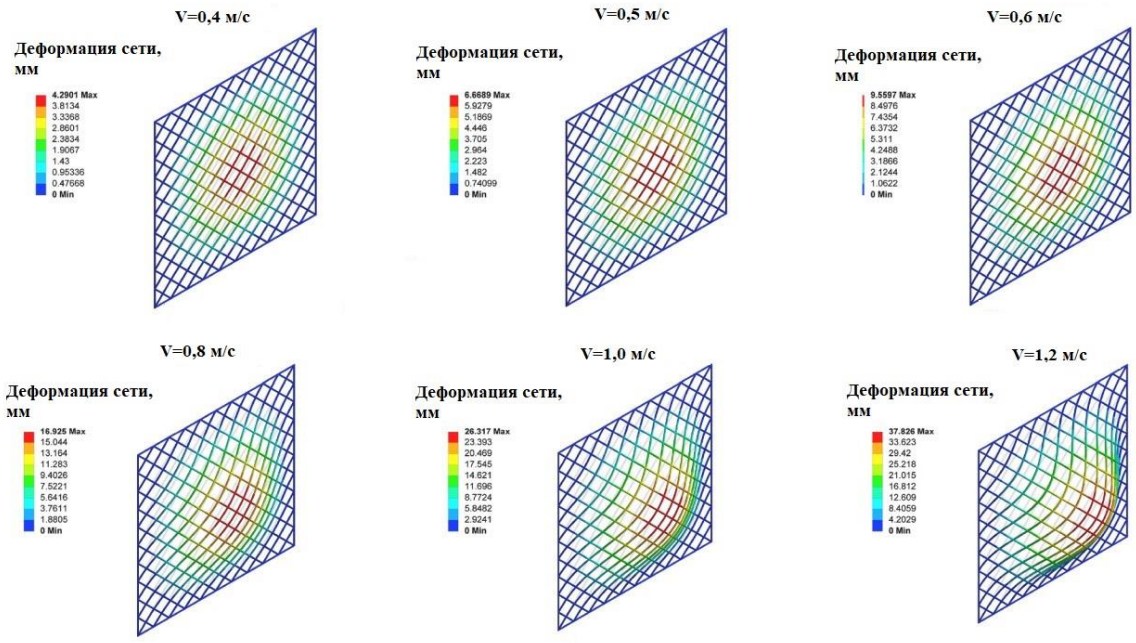


Рис. 6. Распределение деформации сетки. Составлено автором

Fig. 6. The deformation distribution of netting. Compiled by the author

В этом исследовании использовалась нелинейная конечно-элементная модель конструкции с большой деформацией. Таким образом, текущие численные и предыдущие экспериментальные результаты [8] показывают, что использование сети с меньшим коэффициентом прочности (меньшим диаметром веревки с большим размером ячейки) приводит к меньшим гидродинамическим нагрузкам. Тип узла является важным фактором, который может сильно влиять на гидродинамические силы, действующие на рыболовную сеть. Таким образом, сравнивая наши результаты и [1, 6, 11], можно отметить, что преимущество сетей без узлов заключается в том, что они обладают меньшей гидродинамической силой по сравнению с узловым сетным полотном. Это существенное различие может быть объяснено тем, что турбулентный поток, возникающий в зоне кильватерного следа за сетью без узлов, менее важен по сравнению с потоком, возникающим за сетью с узлами.

В этом турбулентном пограничном слое происходит обмен энергией из-за перехода от ламинарного течения к турбулентному. В этой переходной зоне поток также имеет пограничный слой. Распределение скоростей, представленное на рис. 4, демонстрирует те же характеристики, что и поле течения, показанное в предыдущих исследованиях.

Что касается деформации гибкой сетной конструкции, то целью настоящего исследования было смоделировать полиэтиленовую сеть, чтобы увидеть, можно ли предсказать деформацию сети для заданных гидродинамических сил.

На рис. 6 показано, что прогиб локализован в середине сети в зоне удара, а сопротивление, оказываемое на сеть, равномерно распределено по всем направлениям. Это объясняется тем, что полиэтиленовая сеть очень жесткая, а изгибы между ячеями обеспечивают высокую гибкость. Результаты этого исследования показывают, что деформированная сеть является важным фактором, влияющим на лобовое сопротивление.

На деформацию сети влияют многие факторы, такие как эластичность материала, коэффициент прочности, плотность материала и модуль Юнга [12].

Заключение

Модель k-ω SST была применена для описания поля течения через сеть и расчета гидродинамических сил, действующих на сеть, а для описания деформации структуры сетки использовался нелинейный структурный метод конечных элементов с большой деформацией.

Поток в области следа полностью турбулентный из-за сетчатого следа. Снижение скорости за сеткой и в зоне кильватерного следа варьировалось от 10 % вблизи сети до 5 % вдали от сети. Эта скорость увеличивается по мере уменьшения угла атаки, что приводит к снижению коэффициента лобового сопротивления.

Результаты исследования демонстрируют, что деформация безузловой полиэтиленовой сетки под воздействием потока жидкости приводит к изменению ее геометрических характеристик и, как следствие, к изменению параметров потока. Учет этой связи позволяет более точно моделировать эти процессы и предсказывать поведение системы в различных условиях.

Таким образом, данное исследование вносит значительный вклад в понимание механизмов взаимодействия жидких тел и может быть использовано для разработки новых подходов к моделированию и оптимизации конструкций, подверженных воздействию потоков жидкости.

Список источников

1. Конинская А. Е. Использование безузловых сетных полотен в ставном неводе // Рыболовство – аквакультура : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2021. С. 10–13.

2. Пилипчук, Д. А. Оценка нахождения гидродинамических коэффициентов с использованием вычислительной гидродинамики / Д. А. Пилипчук, Т. Н. Веренич, Ю. А. Григорьева // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 62, № 4. С. 94–101. EDN EQIWDN.

3. Khawaja H. A. et al. Fluid solid interaction simulation of CFRP shell structure. – 2017.

4. Чжан и др. [Zhan J. M. et al. Analytical and experimental investigation of drag on nets of fish cages // Aquacultural engineering. 2006. Т. 35, №. 1. С. 91–101.]

5. Tang, H., Hu, F., Xu, L., Dong, S., Zhou, C., Wang, X., 2019. Variations in hydrodynamic characteristics of netting panels with various twine materials, knot types, and weave patterns at small attack angles. Sci. Rep. 9, 1923. http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-35907-1.

6. Гидродинамика узловых делей / А. А. Недоступ, А. О. Ражев, П. В. Насенков [и др.] // Рыбное хозяйство. 2024. № 5. С. 115–120. DOI 10.36038/0131-6184-2024-5-115-120. EDN CRZZXK.

7. Гидродинамика сетных жестких безузловых конструкций / А. А. Недоступ, А. О. Ражев, П. В. Насенков [и др.] // Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. 96–102. DOI 10.37663/0131-6184-2023-3-96-102. EDN QVFKOA.

8. Пилипчук, Д. А. Влияние угла наклона сети на её гидродинамические характеристики / Д. А. Пилипчук, Т. Н. Веренич // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 125–132. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2023-66-15. EDN ACRVIK.

9. Menter F.R. TwoEquation EddyViscosity Turbulence Models for Engineering Applications // AIAA Journal. 1994. Vol. 32, № 8. P. 1598–1605.

10. Савин М. А. Анализ моделей турбулентности, используемых в газодинамических, тепловых и прочностных расчетах турбин газотурбинного двигателя. // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. 2023. № 1. С. 26–47. DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.01.

11. Осипов Е. В., Пилипчук Д. А. Исследование синтетических нитей с учетом узловых соединений // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. 2019. С. 46–48.

12. Бородин П. А. Рыболовные материалы : учеб. пособие. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2006. 78 с.

Сведения об авторе

Д. А. Пилипчук – старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства.

Information about the author

D. A. Pilipchuk – Senior Lecturer of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 26.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 26.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 164–171.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2.081.19 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-17 EDN: WCDLYV

Сравнение результатов замеров усилия выборки тралового мешка с уловом на натурном судне с результатами, полученными на макете и с помощью зависимости

Николай Александрович Скуратов[1], Анатолий Владимирович Суконнов[2], Сергей Вячеславович Попов[3], Татьяна Евгеньевна Суконнова[4], Екатерина Евгеньевна Львова[5]

[1, 3] Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»), Атлантический филиал («АтлантНИРО»), Калининград, Россия
[2, 4, 5] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[1] skuratov@atlant.vniro.ru
[2] sukonova@mail.ru
[3] popov@atlant.vniro.ru
[4] tatyana.sukonnova@klgtu.ru
[5] ekaterina.lvova@klgtu.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению физического процесса подъёма уловов на траулерах кормового траления слиповым методом. Как показывает практика, при работе слиповым методом возникают пиковые нагрузки, приводящие к аварийным ситуациям, которые в свою очередь угрожают здоровью членов экипажа и сказываются на качестве продукции и долговечности эксплуатации промысловых механизмов. Выполненные ранее исследования на макетной экспериментальной установке позволили получить зависимость усилия, возникающего в вытяжном конце вытяжной лебёдки, от различных факторов, характеризующих судовые конструкции и промысловую схему. С целью проверки адекватности полученной зависимости для выполнения расчётных действий по определению усилия выборки тралового мешка с уловом для натурных траловых систем были выполнены морские испытания на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида». Результатами морских испытаний явились силовые динамограммы, описывающие изменение усилия, возникающего в вытяжном конце во время выборки траловых мешков. При сопоставлении расчётных значений усилия выборки, полученных по экспериментальной зависимости, и дополнительных экспериментальных работ на макетной установке, повторяющих условия, возникшие при замерах на СТМ «Атлантида», были уточнены масштабные коэффициенты и проведена проверка критериев подобия. Сопоставление результатов натурных испытаний с результатами, полученными на макетной установке, и расчётными величинами, полученными с помощью зависимости, показало хорошую сходимость. Это позволяет рекомендовать к применению экспериментальную зависимость, полученную на макетной установке, для оценки расчётным путём усилия выборки траловых мешков на промысловых судах. Морская проверка подтвердила возможность исследования физического процесса подъёма трала с уловом на макетной установке, обеспечивающей реальные условия эксплуатации промысловых схем тралового лова.

Ключевые слова: промысловое оборудование, трал, улов, слип, модель, эксперимент, факторы, пиковые нагрузки

Финансирование: исследование выполнено в ФГБОУ ВО «КГТУ» в рамках выполнения государственного задания Росрыболовства по теме «Разработка беспроводной системы контроля параметров трала с элементами искусственного интеллекта «Автотрал».

© Скуратов Н. А., Суконнов А. В., Попов С. В., Суконнова Т. Е., Львова Е. Е., 2025

Для цитирования: Скуратов Н. А., Суконнов А. В., Попов С. В., Суконнова Т. Е., Львова Е. Е. Сравнение результатов замеров усилия выборки тралового мешка с уловом на натурном судне с результатами, полученными на макете и с помощью зависимости // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 164–171.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 164–171.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Comparison of the results of measurements of the effort of houl of a trawl bag with a catch on a full-life vessel with the results obtained on a model and with the help of the dependence

Nikolay A. Skuratov[1], Anatoliy V. Sukonnov[2], Sergey V. Popov[3], Tatiana E. Sukonnova[4], Ekaterina E. Lvova[5]

[1, 3] Atlantic Branch of the All–Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("AtlantNIRO"), Kaliningrad, Russia

[2, 4, 5] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

[1] skuratov@atlant.vniro.ru

[2] sukonova@mail.ru

[3] popov@atlant.vniro.ru

[4] tatyana.sukonnova@klgtu.ru

[5] ekaterina.lvova@klgtu.ru

Abstract. This paper examines the physical process of hauling catches on stern trawler trawlers using the slipway method. Experience has shown that slipway operations can result in peak loads, leading to emergency situations that threaten crew health and impact product quality and the longevity of fishing machinery. Previous studies using a mock-up experimental setup allowed us to determine the relationship between the force generated in the haul-out end of the haul-out winch and various factors characterizing the vessel's design and fishing system. To validate the validity of this relationship for calculating the haul-out force of a trawl bag containing the catch, sea trials were conducted for full-scale trawl systems on the research vessel STM Atlantis. The results of these sea trials included force charts describing the change in the force generated in the haul-out end during haul-in of trawl bags. By comparing the calculated hauling force values obtained using the experimental relationship with additional experimental work on a mock-up rig replicating the conditions encountered during measurements on the Atlantis STM, the scaling factors were refined and similarity criteria were verified. Comparison of the full-scale test results with those obtained on the mock-up rig and the calculated values obtained using the relationship showed good convergence. This allows us to recommend the experimental relationship obtained on the mock-up rig for calculating the hauling force of trawl bags on fishing vessels. The sea trial confirmed the feasibility of studying the physical process of raising a trawl with a catch on a mock-up rig that simulates the actual operating conditions of commercial trawling schemes.

Keywords: fishing equipment, trawl, catch, slipway, model, experiment, factors, peak loads

Funding: the study was conducted at KSTU as part of a state assignment from the Federal Agency for Fisheries on "Development of a wireless trawl parameter monitoring system with artificial intelligence elements "Autotral".

For citation: Skuratov N. A., Sukonnov A. V., Popov S. V., Sukonnova T. E., Lvova E. E. Comparison of the results of measurements of the effort of houl of a trawl bag with a catch on a full-life vessel with the results obtained on a model and with the help of the dependence. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 164–171. (In Russ.).

Актуальность темы исследования

Выполненные ранее исследования позволили получить зависимости усилия выборки траловых мешков от факторов, характеризующих систему судно–трал–промысловая машина. Для апробации и применения результатов исследований на практике провели исследования на натурных траловых системах. Для проведения анализа и возможности дальнейшего применения зависимостей необходимо разработать методику определения усилия выборки траловых мешков с уловом по слипам судов для натурных траловых систем. Результаты расчётов и экспериментальные данные, полученные во время промысла, необходимо проанализировать с целью проверки работоспособности зависимости и метода пересчёта и уточнения. Применение уточнённой зависимости позволит проводить оценку усилий, возникающих в вытяжных концах промысловых лебёдок, с целью выбора рационального режима работы промыслового комплекса, обеспечивающих безопасность выполнения промысловых операций, и исключить аварийные ситуации при работе с тралом.

Проверка соответствия результатов макетных испытаний с натурными замерами

На НИС СТМ «Атлантида» были проведены НИР, связанные с замером усилия выборки траловых мешков с уловом с различным весом (табл. 1).

Таблица 1

Вес улова и усилия выборки для натурной траловой системы СТМ «Атлантида»

Table 1

Catch weight and hauling effort for the STM Atlantis full-scale trawl system

№ п/п	Вес натурного мешка, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н
1	1376,67	1425,72
2	5797,71	6798,33
3	4179,06	4473,36
4	10555,56	10202,4
5	2893,95	2707,56

Для сопоставления усилий и весовых характеристик траловых мешков натурной траловой системы с макетными испытаниями значения были пересчитаны применительно к макетной установке с учётом силового масштабного коэффициента C_R (табл. 2).

С целью проведения сравнительного анализа и сопоставления натурных и макетных данных был проведён переход к безразмерным величинам.

Среднее значение соотношения веса мешка с уловом к усилию выборки при прохождении мешком слиповой канавки на натурном судне было равно 0,97. То есть для вытягивания улова весом в одну тонну необходимо приложить усилие, равное 1040 кгс (10198,92 Н).

Таблица 2

Расчётные значения веса улова и усилия выборки натурной траловой системы СТМ «Атлантида» применительно к макетной установке

Table 2

Estimated catch weight and hauling effort values for the full-scale STM Atlantis trawl system applied to the mock-up setup

№ п/п	Вес натурного мешка в пересчёте на модель, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки в пересчёте на модель, Н	Соотношение веса мешка к усилию выборки
1	6,12	6,34	0,97
2	25,77	30,21	0,85
3	18,57	19,88	0,93
4	46,91	45,34	1,03
5	12,86	12,03	1,07
		Ср. знач.	0,97

При выполнении макетных испытаний в соответствии с масштабными коэффициентами были обеспечены значения влияющих факторов и условия эксплуатации натурной траловой системы судно–трал–промысловая машина для СТМ «Атлантида».

После проведения серии экспериментальных работ на макетной установке с учётом методов физического моделирования были получены значения усилия выборки и веса мешка (табл. 3).

Таблица 3

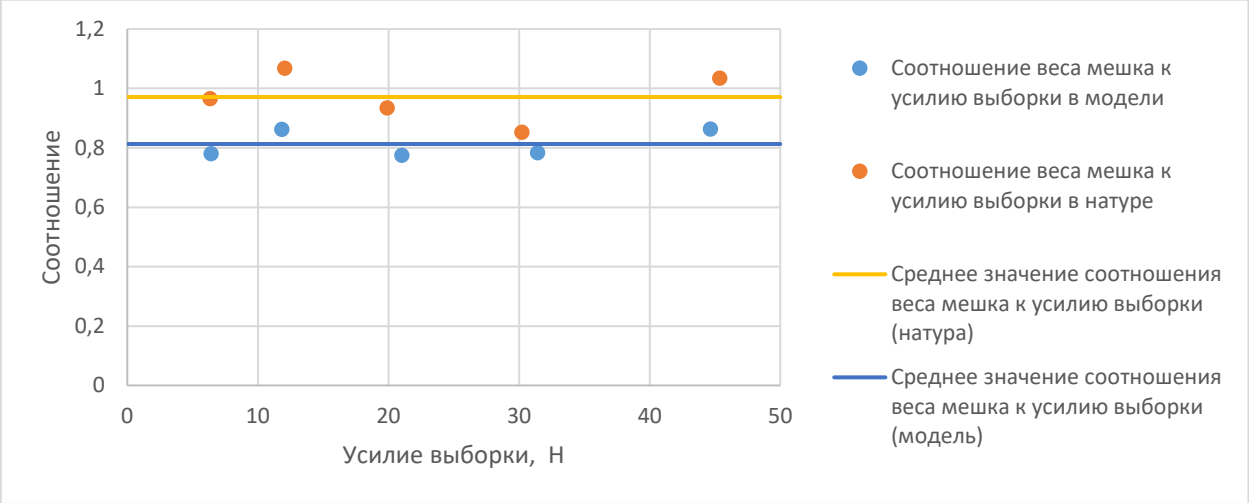
Вес улова и усилия выборки для макетной установки

Table 3

Catch weight and hauling effort for the model setup

№ п/п	Вес мешка модели, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Соотношение веса мешка к усилию выборки
1	5,00	6,41	0,78
2	10,20	11,83	0,86
3	16,28	21,01	0,77
4	24,61	31,41	0,78
5	38,54	44,64	0,86
		Ср. знач.	0,81

Для проведения сравнительной оценки экспериментальных данных, полученных на макетной установке, с результатами испытаний на СТМ «Атлантида» были построены графические зависимости, представленные на рисунке.



Зависимость соотношения веса мешка к усилию выборки от усилия выборки. Составлено авторами
Dependence of the ratio of bag weight to sampling effort on the sampling effort. Compiled by the authors

Анализ полученной зависимости позволяет сделать следующие выводы:

- характер изменения усилий для натурного судна и на макетной установке идентичен;
- отклонение результатов макетных испытаний от промысловых составляет в среднем 19 %;
- отклонение полученного расчётным путём по экспериментальной зависимости (для прямого слипа) от натурного усилия составляет 3 % для соответствующих соотношений усилия выборки к весу улова (составил 0,94);
- изменение соотношения усилия выборки к весу мешка при изменении веса улова колеблется в незначительных пределах.

Проверка соответствия результатов расчётов усилия выборки по зависимости с натурными замерами

С целью проведения проверки работоспособности зависимости, полученной на первом этапе исследований, применительно к данным, полученным на СТМ «Атлантида», воспользовались зависимостью (1) и формулами пересчёта.

$$T = 19{,}85 + 4{,}59x_1 + 2{,}09x_2 - 1{,}63x_3 + 0{,}42x_1x_2 - 0{,}79x_1x_3 - 0{,}01x_2x_3 + 0{,}15x_1x_2x_3, \quad (1)$$

где T – усилие выборки тралового мешка, Н; x_1, x_2, x_3 – значения заполнения мешка, угла наклона слипа и выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде (кодированные значение факторов (x_1,x_2, x_3) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

После нахождения расчётного значение усилия $R_р$ вычисляем отклонение расчётных величин от экспериментальных (модельных) по формуле (2):

$$\Delta = \left(1 - \frac{R_р}{R_м}\right) 100\ \%, \quad (2)$$

где $R_р$ – значение усилия выборки, полученное с помощью зависимости (1), Н; $R_м$ – значение усилия, полученное в результате натурных замеров и пересчитанное с помощью масштабного коэффициента C_R на макетную установку, Н.

Результаты расчётов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная оценка результатов макетных и расчётных значений (1)

Table 4

Comparative evaluation of the results of model and calculated values (1)

№ п/п	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки в пересчёте на модель, Н	Расчётное значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Отклонение расчётных величин от экспериментальных, %
1	6,34	8,08	21
2	30,21	34,14	11
3	19,88	24,60	19
4	45,34	62,17	27
5	12,03	17,02	29
		Ср. знач.	21

Анализ приведённых данных на рисунке и в табл. 4 показал, что при равном усилии выборки отклонение значения веса мешка на макете от натуры составляет 19,5 %, что говорит о завышенном усилии выборки на макетной установке. Сравнительный анализ результатов, полученных с помощью зависимости, также превышает результаты натурных замеров на 20 %. Данное обстоятельство обусловлено объектом, находящимся в траловом мешке натурного судна.

Таким образом, действительный масштаб коэффициента трения $C_{\mu д}$ находится по формуле

$$C_{\mu д} = 0{,}8C_{\mu} = 0{,}8.$$

Уточнённый силовой масштабный коэффициент определяется по формуле

$$C_{R д} = C_v C_{\mu д} C_l = 0{,}067 * 0{,}8 * 0{,}067 = 0{,}0036.$$

Проверка соответствия масштабов подобия критериям подобия, уточнение масштабных коэффициентов

Проверим работоспособность метода и проведённых исследований, воспользовавшись критерием Струхаля:

$$Sh \to \frac{C_V C_t}{C_l} = \frac{0{,}067 * 1}{0{,}067} = 1$$

и критерием подобия теории трения:

$$\Pi^{Wi} \to \frac{C_v C_\mu C_l^2}{C_l C_{R д}} = \frac{0{,}067 * 0{,}8 * 0{,}0045}{0{,}067 * 0{,}0036} = 1{,}00\,.$$

Для простоты применения зависимости (1) были получены уточнённые масштабные коэффициенты, позволяющие проводить макетные испытания и пересчёт (табл. 5).

Таблица 5

Уточнённые значения масштабных коэффициентов

Table 5

Refined values of scale factors

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб C_l	Расчётные значения масштабов
Физические характеристики	Обозначение		
Длина	C_l	C_l	0,0667
Площадь	C_A	C_l^2	0,0044
Объём	C_V	C_l^3	0,0003
Вес	C_m	C_l^2	0,0044
Время	C_t	1	1
Скорость	C_v	C_l	0,0667
Сила	C_R	$C_l^2 C_\mu$	0,0037
Ускорение	C_W	C_l	0,0667
Плотность	C_ρ	1	1
Угол	C_a	1	1
Коэффициент трения	C_μ	1	1
Коэффициент трения, с учётом объекта	$C_{\mu д}$	$08C_\mu$	0,8

Применение уточнённой таблицы масштабных коэффициентов позволяет проводить перерасчёт результатов макетных испытаний на натуру, учитывая поправку коэффициента трения, при проектировании промысловых схем и выборе промысловых комплексов, а также позволяет получить результат без применения, поправочного коэффициента.

Заключение

Предложенная методика определения усилия выборки траловых мешков с уловом по слипам судов апробирована на макетной установке, и результаты её подтверждены на натурных траловых системах: она позволяет проводить выбор рационального режима работы промыслового комплекса за счёт обеспечения безопасности выполнения промысловых операций и исключить аварийные ситуации при работе с тралом. В целом макетная установка воспроизводит процесс выборки и характер изменения усилий для натурного судна. Отклонение результатов макетных испытаний от натурных составляет в среднем 19 %, что обусловлено коэффициентом трения. В связи с этим при расчёте значения усилия выборки по экспериментальной зависимости для натурной траловой системы необходимо воспользоваться поправочным коэффициентом равным 0,8.

Список источников

1. Долин Г. М. Планирование экспериментов в промышленном рыболовстве : учеб. пособие. Калининград : Изд-во КГТУ, 1996. 119 с.

2. Скуратов Н. А., Львова Е. Е., Суконнов А. В., Суконнова Т. Е. Исследование процесса подъёма траловых мешков по слипам судов на модельной установке // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 4, ч. 1. С. 26–32.

3. Скуратов Н. А., Суконнов А. В., Суконнова Т. Е., Львова Е. Е. Морские испытания по проверке результатов макетных исследований по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 196–206.

4. Скуратов, Н. А. Сравнение результатов испытаний по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов с данными натурных замеров / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова, Е. Е. Львова // XII Междунар. Балтийский морской форум, 30 сентября – 4 октября 2024 года [Электронный ресурс]: в 6 т.: материалы XII нац. науч. конф. с междунар. участием. Калининград : Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. Т. 2. Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии. С. 271–275.

5. Недоступ А. А. Ражев А. О. Критерии мультифизического подобия тралового комплекса // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4, т. 1. С. 237–242.

Сведения об авторах

Н. А. Скуратов – инженер группы промышленного рыболовства.

А. В. Суконнов – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыболовства.

С. В. Попов – начальник отдела морских экспедиций.

Т. Е. Суконнова – доцент кафедры промышленного рыболовства.

Е. Е. Львова – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыболовства.

Information about the authors

N. A. Skuratov – Engineer, Industrial Fisheries Group.

A. V. Sukonnov – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

S. V. Popov – PhD in Engineering Sciences, Head of the Marine Expeditions Department.

T. E. Sukonnova – Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

E. E. Lvova – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 14.11.2025; одобрена после рецензирования 27.11.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 14.11.2025; approved after reviewing 27.11.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 172–184.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-18 EDN: XSAJEA

Анализ распределения объемов квот добычи (вылова) сельди тихоокеанской по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне

Светлана Витальевна Сухорукова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
sukhorukova.sv@dgtru.ru

Аннотация. Представлены результаты системного анализа распределения объемов квот добычи (вылова) тихоокеанской сельди между пользователями в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Исследование охватывает квоты, выделенные для осуществления промышленного и/или прибрежного рыболовства.

Ключевые слова: пользователи водных биологических ресурсов, квоты добычи (вылова), промышленное и (или) прибрежное рыболовство, общий допустимый улов (ОДУ)

Для цитирования: Сухорукова С. В. Анализ распределения объемов квот добычи (вылова) сельди тихоокеанской по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 172–184.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 172–184.

Original article

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of Pacific herring by users in the Far Eastern fishery basin

Svetlana V. Sukhorukova
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
sukhorukova.sv@dgtru.ru

Abstract. The article presents the results of a system analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of Pacific herring between users in the Far Eastern fishery basin. The study covers quotas allocated for industrial and/or coastal fishing.

Keywords: users of aquatic biological resources, catch quotas, industrial and (or) coastal fisheries, total allowable catch (TAC)

For citation: Sukhorukova S. V. Analysis of the distribution of quotas for the extraction (catch) of Pacific herring by users in the Far Eastern fishery basin. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 172–184. (In Russ.).

© Сухорукова С. В., 2025

Введение

Существует множество мнений о результативности действующего регламента, регулирующего распределение квот [1] на добычу биоресурсов среди пользователей. В связи с этим изучение и оптимизация механизмов распределения квот являются актуальными задачами.

В частности, были исследованы вопросы распределения квот на добычу тихоокеанской сельди в ДВРБ и определённы недостатки в текущих методах [2–6].

Объекты и методы исследований

Исследование основывается на анализе статистической отчетности Федерального агентства по рыболовству, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Использованы данные по распределению объемов общего допустимого улова (ОДУ), вылова, распределению квот по видам рыболовства на прибрежное (далее ПрибР) и промышленное (ПромР) и по районам промысла.

В рамках настоящего исследования был проведен комплексный анализ динамики распределения квот на добычу тихоокеанской сельди в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне за период с 2019 по 2023 гг. В основу анализа легли данные, полученные из нормативно-правовых актов Росрыболовства и Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [7–10].

Для проведения исследования использовался многофакторный системный подход, включающий:

1. Анализ динамики изменения объемов общего допустимого улова (ОДУ) тихоокеанской сельди.
2. Анализ вылова по видам рыболовства.
3. Анализ распределения объемов квот по пользователям, осуществляющим ПрибР и ПромР.

Данный подход позволяет определить основные тенденции и закономерности в изменении объемов добычи сельди, а также определить основные факторы, влияющие на распределение квот в исследуемом периоде.

Результаты и их обсуждение

Результаты анализа статистики: были получены данные по объемам ОДУ (рис. 1) [7–10].

Распределение удельного веса ОДУ тихоокеанской сельди в зонах/подзонах представлено в табл. 1.

Таблица 1

Удельный вес ОДУ тихоокеанской сельди в промысловых зонах

Table 1

Specific gravity TAC **of** Pacific herring in commercial areas

Зона/подзона	Удельный вес, %
Северо-Охотоморская подзона (С-ОП)	80
Карагинская подзона (КП)	13
Западно-Камчатская подзона (З-КП)	6
Западно-Сахалинская подзона(З-СП)	1,2
Южно-Курильская зона (Ю-КЗ)	0,4
Подзона Приморье (ПП)	0,1



Рис. 1. Процентное распределение ОДУ по районам. Составлено автором
Fig. 1. Percentage distribution of TAC by districts. Compiled by the author

В течение указанного периода общее количество пользователей, получивших квоты на вылов сельди, варьировалось в зависимости от подзоны. В КП количество таких пользователей составило 23 ед., Ю-КЗ – 3 ед., в С-ОП – 67 ед. В З-КП за период с 2021 по 2023 гг. число пользователей достигло 23 ед., в ПП – 1 ед., а в З-СП – 9 ед. [12].

Ежегодное количество пользователей, имеющих квоты на добычу сельди, изменялось (табл. 2).

Поскольку на Северо-Охотоморскую подзону приходится порядка 80 % ОДУ тихоокеанской сельди, данная подзона будет рассматриваться отдельно.

Таблица 2

Количество пользователей в период 2019–2023 гг.

Table 2

Number of users in the period 2019–2023

Зона/подзона	2019	2020	2021	2022	2023
Карагинская подзона	17	19	16	16	16
Южно-Курильская подзона	0	0	3	3	2
Северо-Охотоморская подзона	59	56	58	58	53
Западно-Камчатская подзона	0	0	22	22	17
Подзона Приморье	0	0	0	1	1
Западно-Сахалинская подзона	5	5	6	5	4

Наименьший объем квот – 0,329 т, наибольший – 24 428,95 т. Для анализа данные разделены на пять интервальных групп, табл. 3 [12].

Таблица 3

Интервальные группы

Table 3

Interval groups

Наименование группы	Объем квот, соответствующий группе, т
Группа A	1–1000
Группа B	1000–3000
Группа C	3000–5000
Группа D	5000–10000
Группа E	10000–20000
Группа F	20000 и выше

График на рис. 2 показывает распределение по группам по общему объему квот в КП для ПрибР и ПромР.

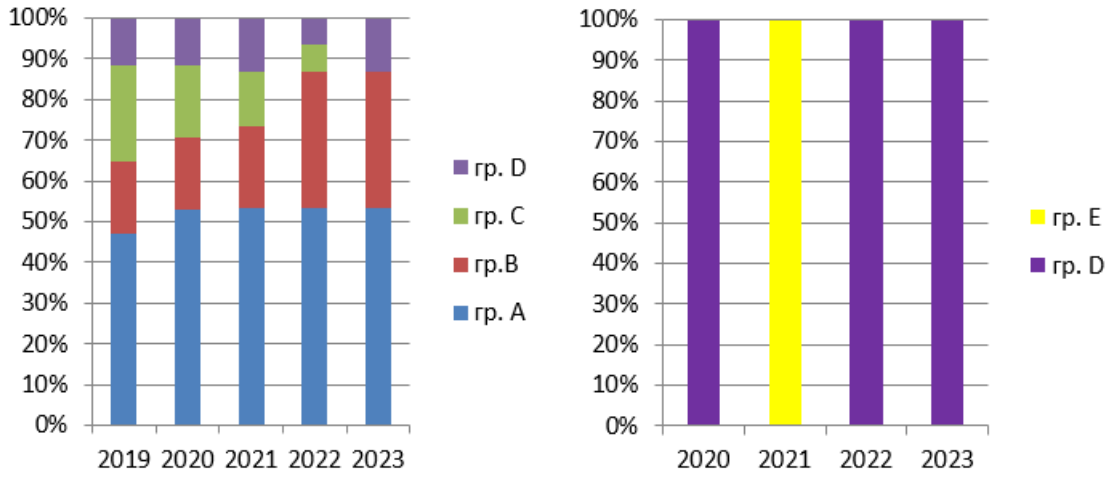


Рис. 2. Распределение (по группам) квот в период 2019–2023 гг. в Карагинской подзоне: в целях промышленного и прибрежного рыболовства, %. Составлено автором

Fig. 2. Allocation (by groups) of quotas in the period 2019–2023 in the Karaginsky subzone: for industrial and coastal fishing purposes, %. Compiled by the author

В Карагинской подзоне выявлено неравномерное распределение объемов квот вылова по интервальным группам. В период с 2019 по 2023 гг. квоты распределялись по четырем интервалам: A, B, C и D.

Для промышленного рыболовства в указанный период основное количество квот выделялось группам A и B. Прибрежное рыболовство в 2020 г. и в 2022–2023 гг. осуществлялось преимущественно с использованием квот, соответствующих группе D. В 2021 г. объемы квот были определены для группы E.

Наибольшее количество пользователей в Карагинской подзоне имели квоты, соответствующие интервалу A для промышленного рыболовства и интервалу D – для прибрежного рыболовства. Количественный состав пользователей указанных групп в исследуемый период оставался практически неизменным: в 2019–2020 гг. квотами обладали 17 пользователей, а в 2021–2023 гг. их количество сократилось до 15 единиц. Результаты анализа состава пользователей по видам рыболовства в Карагинской подзоне представлены в табл. 4.

Таблица 4

Количественный состав пользователей (Карагинская подзона)

Table 4

Quantitative composition of users (Karaginsky subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство				
A	8	9	8	8	8
B	3	3	3	5	5
C	4	3	2	1	-
D	2	2	2	1	2
	Прибрежное рыболовство				
D	–	1	–	1	1
E	–	–	1	–	–

Распределение квот добычи по группам в Карагинской подзоне представлены в табл. 5.

Таблица 5

Удельный вес квот (Карагинская подзона)

Table 5

The specific weight of quotas (Karaginsky subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство, %				
A	47	53	53	53	53
B	18	18	20	23	33
C	24	18	13	7	–
D	12	12	13	7	13
	Прибрежное рыболовство, %				
D	–	100	–	100	100
E	–	–	100	–	–

На рис. 3 показано распределение по группам квот в Ю-КЗ для осуществления ПрибР и ПромР.



Рис. 3. Распределение (по группам) квот в Ю-КЗ: в целях ПрибР и ПромР, %.
Составлено автором

Fig. 3. Distribution (by groups) of quotas in South Kuril zone: for coastal and industrial fishing purposes, %.
Compiled by the author

В Ю-КЗ распределение квот на добычу ВБР для ПромР осуществлялось в группе А. В 2021–2022 гг. квоты для прибрежного рыболовства также соответствовали группе А, в 2023 г. к ним добавилась группа В.

Наибольшее число пользователей Ю-КЗ имели квоты группы А как для ПромР, так и для ПримР. Результаты анализа состава пользователей квот по видам рыболовства приведены в табл. 6.

Таблица 6

Количественный состав пользователей (Южно-Курильская зона)

Table 6

Quantitative composition of users (South Kuril zone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство				
А	–	–	1	2	1
	Прибрежное рыболовство				
А	–	–	2	2	–
В	–	–	–	–	1

Результаты анализа квот добычи по группам в Ю-КЗ представлены в табл. 7.

Таблица 7

Удельный вес квот (Южно-Курильская зона)

Table 7

The specific weight of quotas (South Kuril zone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство, %				
А	–	–	100	100	100
	Прибрежное рыболовство, %				
А	–	–	100	100	–
В	–	–	–	–	100

Распределение названных групп в общем объеме квот для ПромР в З-КП в исследуемый период представлено на рис. 4.

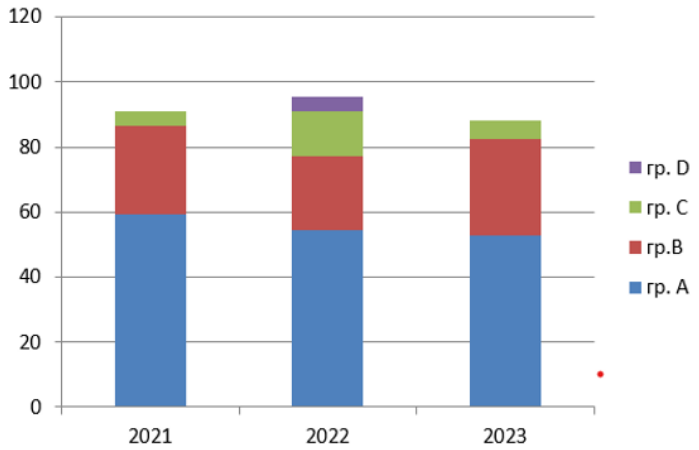


Рис. 4. Распределение (по группам) квот в З-КП: в целях ПромР, %. Составлено автором
Fig. 4. Distribution (by groups) of quotas in West Kamchatka subzone: for industrial purposes, %. Compiled by the authors

З-КП квоты на добычу распределяются для ПромР. С 2021 по 2023 гг. квоты распределялись по группам A, B, C и D, причём основные объёмы выделялись группам A и B. Наибольшее количество пользователей имели квоты группы A, их число снизилось с 22 в 2021–2022 гг. до 17 в 2023 г.

В табл. 8 приведены результаты анализа состава пользователей квот по видам рыболовства в З-КП.

Таблица 8

Количественный состав пользователей (Западно-Камчатская подзона)

Table 8

Quantitative composition of users (West Kamchatka subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство				
A	–	–	13	12	9
B	–	–	6	5	5
C	–	–	1	3	1
D	–	–	–	1	–

Распределение квот добычи по тому же принципу в Ю-КЗ представлены в табл. 9.

Таблица 9

Удельный вес квот (Западно-Камчатская подзона)

Table 9

The specific weight of quotas (West Kamchatka subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство, %				
A	-	–	59	55	53
B	–	–	27	23	29
C	–	–	5	14	6
D	–	–	–	5	–

На рис. 5 представлено распределение интервальных групп в общем объеме распределенных квот в подзоне Приморье для осуществления промышленного рыболовства в исследуемый период.

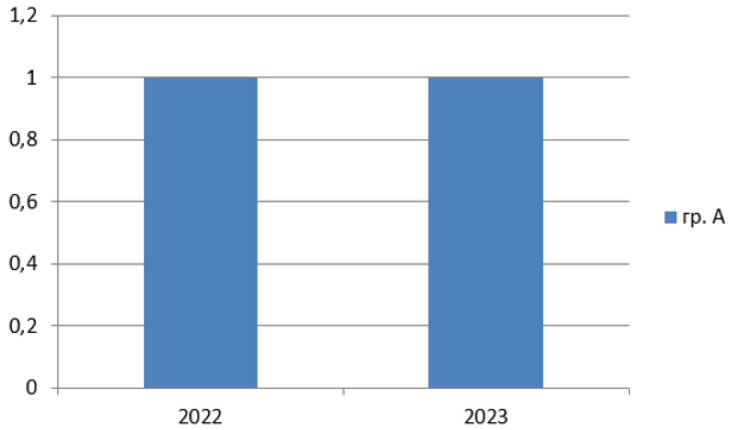


Рис. 5. Распределение (по группам) квот в ПП: в целях ПромР и ПрибР, %. Составлено автором
Fig. 5. Distribution (by groups) of quotas in Primorye subzone: for industrial and coastal fishing purposes, %. Compiled by the author

В ПП распределение квот добычи (вылова) распределяется исключительно для целей ПромР. В 2022–2023 гг. распределение объемов квот проводилось по 1-й интервальной группе – группе А.

Состав пользователей группы А оставался неизменным на протяжении указанного периода: квотами в данной подзоне обладает единственный пользователь. Количество пользователей, осуществляющих ПромР с квотами, соответствующими группе А, также было стабильным и составляло один в 2022 и 2023 гг.

В 2022–2023 гг. доля квот на вылов тихоокеанской сельди группы А в общем объеме квот ПромР в ПП достигла 100 %.

На рис. 6 показано распределение квот для ПромР и ПрибР в З-СП.

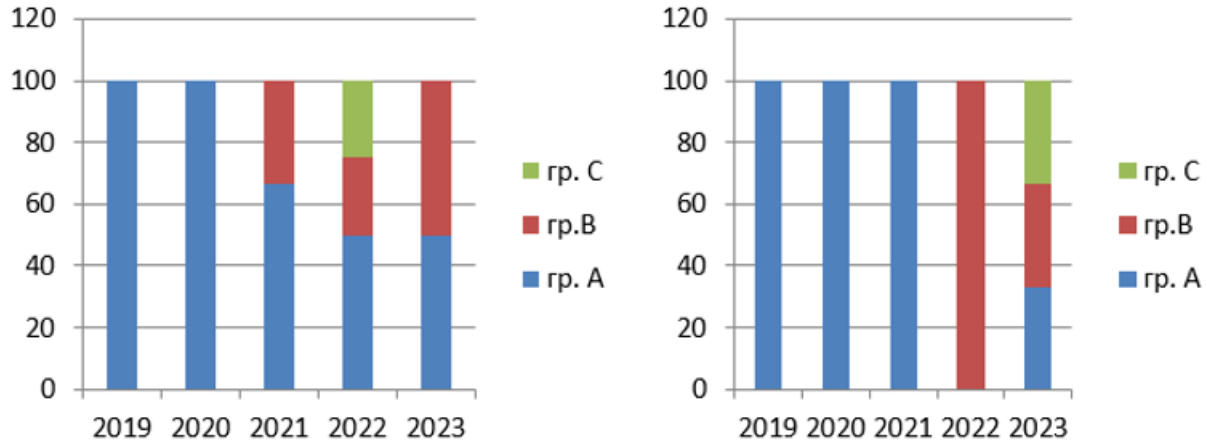


Рис. 6. Распределение (по группам) квот в З-СП: в целях ПромР и ПрибР, %. Составлено автором

Fig. 6. Distribution (by groups) of quotas in West Sakhalin subzone: for industrial and coastal fishing purposes, %. Compiled by the authors

В З-СП квоты на добычу распределялись неравномерно с 2019 по 2023 гг. между группами А, В и С:

Для ПромР:

- В 2019–2020 гг. – группа А.
- В 2021 и 2023 гг. – группы А и В.
- В 2022 г. – группы А, В и С.

Для ПрибР:

- 2019–2021 гг. – группа А.
- В 2022 г. квоты распределялись только для группы В.
- В 2023 г. квоты распределялись равномерно между группами А, В и С.

Наибольшее количество пользователей в Западно-Сахалинской подзоне имели квоты, соответствующие группе А как для промышленного, так и для прибрежного рыболовства. Количество пользователей этой группы менялось в течение исследуемого периода:

- В 2019 г. было 5 пользователей.
- В 2021 г. их количество увеличилось до 6.
- В 2023 г. число пользователей снизилось до 4.

В табл. 10 приведены результаты анализа состава пользователей квот по видам рыболовства в Западно-Сахалинской подзоне.

Таблица 10

Количественный состав пользователей (Западно-Сахалинская подзона)

Table 10

Quantitative composition of users (West Sakhalin subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство				
A	1	2	2	2	1
B	–	–	1	1	1
C	–	–	–	1	–
	Прибрежное рыболовство				
A	4	3	3	–	1
B	–	–	–	2	1
C	–	–	–	–	1

Анализ квот вылова по группам в З-СП представлен в табл. 11.

Таблица 11

Удельный вес квот (Западно-Сахалинская подзона)

Table 11

The specific weight of quotas (West Sakhalin subzone)

Группа	Количество пользователей				
	2019	2020	2021	2022	2023
	Промышленное рыболовство, %				
A	100	100	67	50	50
B	–	–	33	25	50
C	–	–	–	25	–
	Прибрежное рыболовство, %				
A	100	100	100	–	33
B	–	–	–	100	33
C	–	–	–	–	33

На рис. 7 и 8 показана информация о процентном участии каждой интервальной группы:

1. С учетом средневзвешенных значений объемов квот.
2. С учетом средневзвешенных значений численности пользователей.

Такой подход позволяет провести всесторонний анализ распределения квот, учитывая как количественные, так и качественные аспекты, что способствует более обоснованному принятию управленческих решений в сфере рыболовства.

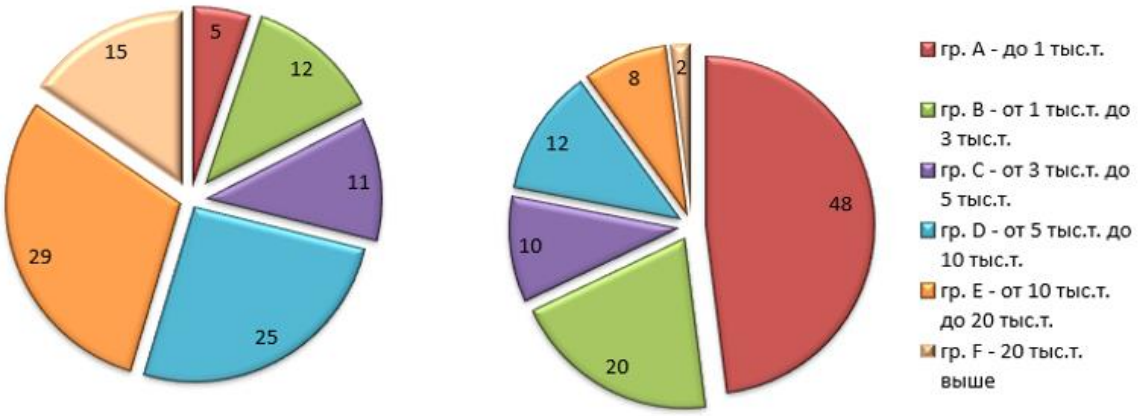


Рис. 7. Удельный вес интервальных групп при осуществлении ПромР, %: приведенный к значениям объемов квот; приведенный к значениям численности пользователей. Составлено автором
Fig. 7. The specific weight of interval groups in the implementation of industrial fishing, %: reduced to the values of quota volumes; reduced to the values of the number of users. Compiled by the author

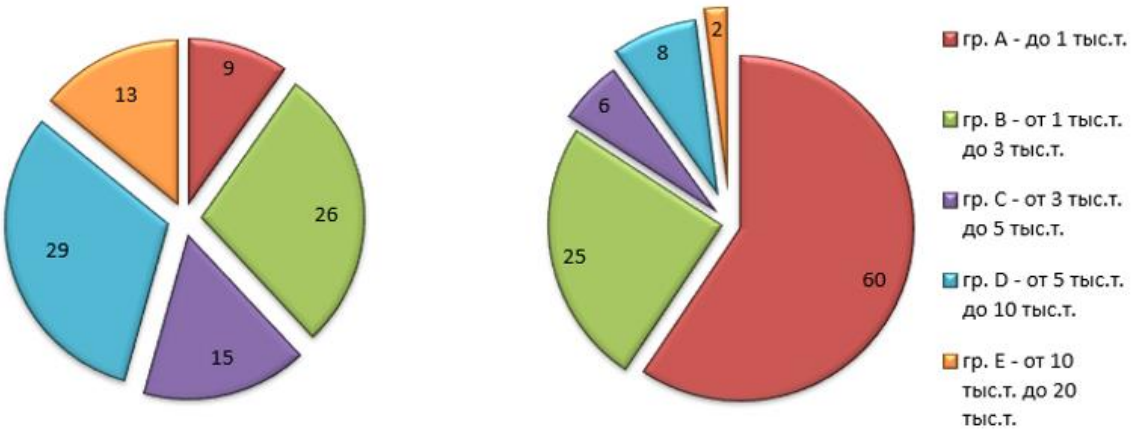


Рис. 8. Удельный вес интервальных групп при осуществлении ПрибР, %: приведенный к значениям объемов квот; приведенный к значениям численности пользователей. Составлено автором
Fig. 8. The specific weight of interval groups in the implementation of coastal fishing, %: reduced to the values of quota volumes; reduced to the values of the number of users. Compiled by the authors

Анализ распределения квот на добычу (вылов) выявил следующие закономерности.

В секторе промышленного рыболовства наибольшую долю квот (29 %) получают пользователи группы E. Следующие по значимости группы – D (25 %), F (15 %), B (12 %) и C (11 %). Наименьшая доля приходится на группу A, которая составляет 5 % от общего объёма квот.

В секторе прибрежного рыболовства лидером по распределению квот также является группа D, на которую приходится 29 % квотируемого объёма. Второе место занимает группа B с долей 26 %, далее следуют группы C (15 %), E (13 %) и A (9 %).

Таким образом, в обоих секторах рыболовства наблюдается доминирование группы D, что свидетельствует о её значимости в освоении квот на добычу тихоокеанской сельди на Дальнем Востоке.

Анализ распределения пользователей по интервальным группам в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в контексте промышленного и прибрежного рыболовства выявил следующую структуру, представленную в табл. 12.

Таблица 12

Состав пользователей по группам, %

Table 12

Composition of users by group, %

Группы	ПромР	ПрибР
A	48	60
B	20	25
C	10	6
D	12	8
E	8	2
F	2	–

Эти данные демонстрируют, что в обеих видах рыболовства (промышленном и прибрежном) группа А занимает доминирующее положение, составляя значительную долю пользователей. Однако структура распределения пользователей по остальным группам различается: в промышленном рыболовстве наблюдается более равномерное распределение между группами B, C, D и E, тогда как в прибрежном рыболовстве группа B значительно преобладает над остальными.

В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне не все пользователи имели постоянные квоты; некоторые получали их на один или два года. Для классификации пользователей по срокам владения квотами была создана система индексации: для одного года – индексы A1, B1 и т.д., для двух лет – A2, B2 и т.д. Данная процедура была продолжена для всех последующих интервалов владения квотами, что позволило обеспечить систематизацию и унификацию данных.

Исследования распределения объемов квот добычи (вылова) в рамках ПромР в КП, Ю-КЗ, С-ОП, З-КП, ПП и в З-СП, отнесенных к соответствующим интервальным группам, позволил установить следующее (табл. 13).

Таблица 13

Распределение квот добычи по интервальным группам (ПромР)

Table 13

Distribution of production quotas by interval groups (industrial fishing)

Группа	Результаты анализа распределения квот
A	Общее количество пользователей составило 66 ед., из которых 19 пользователей имели индекс A5, 6 пользователей – A4, 15 пользователей – A3, 11 пользователей – A2, 15 пользователей – A1. Наибольший удельный вес группы А приходится на пользователей с индексом A5
B	Общее количество пользователей составляет 27 ед., из которых 8 пользователей имеют индекс B5, 3 пользователя – B4, 6 пользователей – B3, 6 пользователей – B2, 4 пользователя – B1. Наибольший удельный вес группы B приходится на пользователей с индексом B5
C	Общее количество пользователей составляет 21 ед., из которых 1 пользователь имеет индекс C5, 2 пользователя – C4, 4 пользователя – C3, 3 пользователя – C2, 11 пользователей – C1. Наибольший удельный вес группы C приходится на пользователей с индексом C1
D	Общее количество пользователей составляет 16 ед., из которых 6 пользователей имеют индекс D5, 2 пользователя – D4, 1 пользователь – D3, 1 пользователь – D2, 6 пользователей – D1. Наибольший удельный вес группы D приходится на пользователей с индексами D1 и D5
E	Всего 8 пользователей, из которых 6 пользователей с индексом E5, 1 пользователь – E3, 1 пользователь – E1
F	Всего 2 пользователя с индексом F5

Исследования распределения объемов квот добычи (вылова) в рамках ПрибР в КП, Ю-КЗ, С-ОП и в З-СП, отнесенных к соответствующим интервальным группам, позволил установить следующее (табл. 14).

Таблица 14

Распределение квот добычи по интервальным группам (ПрибР)

Table 14

Distribution of production quotas by interval groups (coastal fishing)

Группа	Результаты анализа распределения квот
A	Общее количество пользователей составило 13 ед., из которых 1 пользователь имел индекс A5, 2 пользователя – A4, 3 пользователя – A3, 3 пользователя – A2, 4 пользователя – A1. Наибольший удельный вес группы A приходится на пользователей с индексом A1
B	Общее количество пользователей составляет 9 ед., из которых 6 пользователей имеют индекс B1, 2 пользователя – B2, 1 пользователь – B3. Наибольший удельный вес группы B приходится на пользователей с индексом B1
C	Данную группу представляют только пользователи с индексом C1 в количестве 3 ед.
D	Данную группу представляют пользователи с индексом D1 и D3 в количестве по 1 ед.
E	Данную группу представляет только 1 пользователь с индексом E1

В этих зонах и подзонах основной объём квот на добычу (вылов) был сосредоточен у пользователей, которые имели эти квоты в течение всего 5-го периода. Это пользователи с индексами A5, B5, C5, D5, E5 и F5.

Заключение

В рамках проведённого исследования, направленного на анализ распределения квот на вылов тихоокеанской сельди в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, были выявлены определённые недостатки в действующей системе распределения квот. Указанные проблемы коррелируют с нерациональным использованием водных биологических ресурсов. Можно предположить, что большое число участников и значительные объёмы выделяемых квот являются следствием обозначенных недостатков. Результаты проведённого анализа могут послужить исходной базой для разработки и внедрения усовершенствованных механизмов распределения квот. Это, в свою очередь, позволит повысить эффективность использования природных ресурсов и оптимизировать процессы управления рыболовством.

Список источников

1. Рыбохозяйственный комплекс Дальнего Востока. Дайджест. Восточный центр государственного планирования (ФАНУ «Востокгосплан»). Москва, 2022. 33 с.

2. Лисиенко С. В., Хмелева О. В. Анализ распределения объемов добычи (вылова) минтая между пользователями в Западно-Беринговоморской зоне Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в период 2015–2021 годов // Рыбное хозяйство. 2022. № 6. С. 32–35.

3. Лисиенко С. В., Хмелева О. В. Анализ распределения объемов добычи (вылова) минтая между пользователями в Южно-Курильской зоне Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в период 2015–2021 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 62, № 4. С. 85–93.

4. Лисиенко С. В., Буторина Е. К., Ващенко М. С., Ковалева Р. А. Исследование структуры пользователей промыслового ресурса «минтай» с 2015 по 2022 г. в двух промысловых подзонах Охотского моря // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Национальной научно-технической конференции. Владивосток, 2023. С. 19–26.

5. Лисиенко С. В. Анализ распределения квот добычи минтая между пользователями в зоне «Охотское море» с 2015 по 2022 годы // Рыбное хозяйство. 2023. № 5.

6. Лисиенко С. В. Минтай Японского моря: динамика распределения объемов квот добычи (вылова) для промышленного и прибрежного рыболовства в 2015–2022 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65, № 3. С. 71–81.

7. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 гг..» с изменениями. Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения : 05.04.2025).

8. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 гг.» с изменениями. Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения : 05.04.2025).

9. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна для осуществления прибрежного рыболовства по пользователям Российской Федерации на 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 гг.». Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения : 05.04.2025).

10. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 гг.» с изменениями. Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения : 10.04.2025 г.).

11. Сухорукова С. В., Лисиенко С. В. Динамика промыслового освоения сельди тихоокеанской в период 2019–2023 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 169–178.

12. Сухорукова С. В., Лисиенко С. В. Распределение объемов квот добычи сельди тихоокеанской по пользователям в период 2019–2023 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 71, № 1. С. 219–225.

Сведения об авторе

С. В. Сухорукова – старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства.

Information about the author

S. V. Sukhorukova – Senior Lecturer of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 14.11.2025; одобрена после рецензирования 27.11.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 14.11.2025; approved after reviewing 27.11.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 185–192.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Обзорная статья
УДК 656.085 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-19 EDN: ZELPQS

Использование альтернативных видов топлива для декарбонизации морского судоходства

Виталий Витальевич Ганнесен[1], Екатерина Евгеньевна Петрова[2]
[1, 2]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] gannesen.vv@dgtru.ru
[2] pillers@mail.ru

Аннотация. В настоящее время большинство коммерческих судов работают на тяжёлом топливе, которое обладает высокой плотностью энергии, что обеспечивает при небольшом его количестве движение на большие расстояния. Кроме того, оно относительно дёшево, поскольку является побочным продуктом процесса переработки нефти. Однако эти преимущества имеют свою цену. Отходы сжигания тяжелого топлива не только способствуют изменению климата, но и создают множество рисков для окружающей среды и здоровья человека. Морская отрасль активно ищет более чистые и устойчивые источники топлива и энергии для снижения своего воздействия на окружающую среду. По мере того, как отрасль стремится сократить выбросы, эти альтернативные виды топлива становятся всё более важными для достижения глобальных целей по борьбе с изменением климата, в частности, цели ИМО по достижению нулевого уровня выбросов к 2050 г. За последний год было проведено значительное исследование таких вариантов, как аммиак и метанол, наряду с инновациями в области ветровых двигательных установок. Все они привлекли большое внимание как потенциальные решения для более экологичного будущего морского транспорта. В настоящей работе рассмотрены альтернативные виды топлива, использование которых может помочь в достижении стратегической цели Международной морской организации – декарбонизации выбросов углекислого газа судовыми двигателями. Отмечены как достоинства, так и новые угрозы безопасности, связанные со спецификой рассматриваемых видов топлива.

Ключевые слова: декарбонизация, альтернативные виды топлива, экологичный транспорт, биотоплово

Для цитирования: Ганнесен В. В., Петрова Е. Е. Использование альтернативных видов топлива для декарбонизации морского судоходства // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 185–192.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 185–192.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Review article

Using alternative fuels to decarbonise maritime shipping

Vitalii V. Gannesen[1], Ekaterina E. Petrova[2]
[1, 2] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] gannesen.vv@dgtru.ru
[2] pillers@mail.ru

© Ганнесен В. В., Петрова Е. Е., 2025

Abstract. Currently, most commercial vessels run on heavy fuel oil having a high energy density due to which vessels can cover long distance using a little fuel. Moreover, it is rather cheap as it is a byproduct of the oil refining process. However, these advantages have another side. The heavy fuel oil waste not only contributes to climate change but also poses numerous risks to the environment and human health. The maritime industry is actively seeking the cleaner and more sustainable sources of fuel and energy to reduce its environmental impact. As the industry strives to reduce emissions, these alternative fuels are becoming increasingly important to achieving global climate change goals, particularly the IMO's goal of net-zero emissions by 2050. Over the past year the options such as ammonia and methanol have received significant research, along with innovations in wind propulsion systems. All have attracted considerable attention as potential solutions for a greener future for maritime transport. This paper examines alternative fuels that could help achieve the International Maritime Organization's strategic goal of decarbonizing marine propulsion systems. Both their advantages and the new safety risks associated with these fuels are noted.

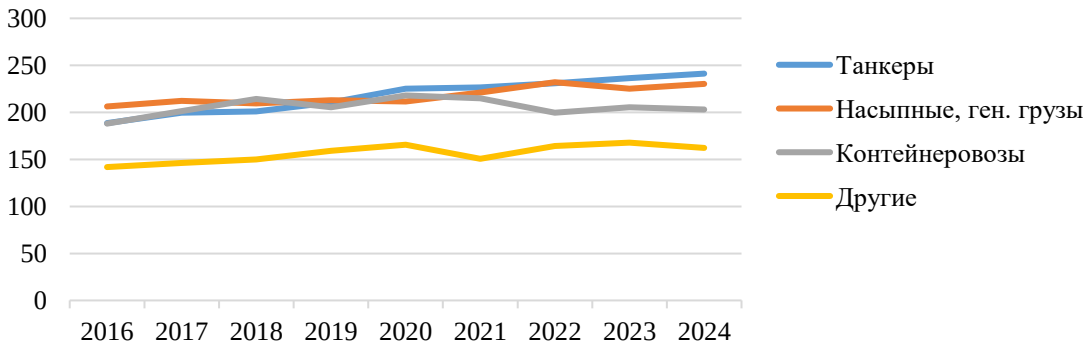
Keywords: decarbonization, alternative fuels, eco-friendly transport, biofuels

For citation: Gannesen V. V., Petrova E. E. Using alternative fuels to decarbonise maritime shipping. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2025; 74(4): 185–192. (In Russ.).

Введение

Тяжелое топливо является основным источником энергии в морском судоходстве, являясь при этом существенным источником «загрязнения» атмосферы углекислым газом и другими выбросами (на судоходство приходится 3 % всех антропогенных выбросов ежегодно). Учитывая, что к 2050 г. объёмы морской торговли должны утроиться, выбросы будут продолжать расти, если отрасль не предпримет срочных мер по корректировке курса. Декарбонизация – одна из самых серьёзных проблем, стоящих перед судоходством. Одним из путей декарбонизации выбросов является переход к использованию морским транспортом источников энергии, имеющих меньший или нулевой углеродный след.

В 2018 г. выбросы парниковых газов от судоходной отрасли достигли 1,08 миллиарда тонн, что составляет 2,89 % от мировых выбросов [1–2]. Неуклонный рост перевозок грузов морским транспортом ведет к тому, что если не будут приняты эффективные меры, выбросы CO_2 от мировой морской торговли могут увеличиться к 2050 г. на 50–250 % (рисунок) [3, 4]. Среди них основные выбросы парниковых газов возникают в результате сжигания топлива, в первую очередь тяжелого топлива (HFO), морскими двигателями внутреннего сгорания (ICE) [5, 6]. Таким образом, переход к низкоуглеродным и нулевым выбросам углерода стал критически важным направлением в развитии судоходной отрасли для сдерживания глобального потепления и изменения климата [7, 8]. С этой целью Международная морская организация (ИМО) обнародовала ряд политик по энергосбережению и сокращению выбросов [9, 10].



Выбросы углекислого газа основными типами судов в 2016–2024 гг., млрд т [11]. Составлено авторми
Carbon dioxide emissions by main types of vessels during 2016–2024, billion tons [11]. Compiled by the authors

В 2011 г. ИМО установила минимальные требования к топливной эффективности судов, установив первый в истории обязательный режим сокращения выбросов парниковых газов в международном транспортном секторе. Меры по повышению топливной эффективности за счет снижения сопротивления движению, такие как движение на малой скорости, бульбообразные носовые оконечности и оптимизация корпусов, а также повышение эффективности гребных винтов помогли снизить углеродоемкость судоходства более чем на 30 % с 2008 г. Использование ветровых парусов для получения дополнительной тяги в сочетании с энергоэффективными конструкциями судов с улучшенной обтекаемостью также позволяет снизить расход топлива до 30 %.

Однако эти решения обладают лишь ограниченным потенциалом сокращения выбросов. Большинство таких решений имеют определенные недостатки, такие как увеличение сроков доставки или дорогостоящее переоборудование, и лучше всего подходят для небольших тихоходных судов, не имеющих жесткого графика работы. Учитывая активное изучение вопросов энергоэффективности, судоходной отрасли необходимо быстро масштабировать использование низкоуглеродного и безуглеродного топлива для покрытия дефицита выбросов [12–13].

Стратегия ИМО по сокращению выбросов парниковых газов была пересмотрена в 2023 г., и теперь она включает три взаимосвязанные цели:

1) сокращение выбросов парниковых газов как минимум на 20 % к 2030 г. по сравнению с 2008 г.;

2) сокращение выбросов парниковых газов как минимум на 70 % к 2040 г. по сравнению с 2008 г.;

3) достижение нулевого уровня выбросов парниковых газов от международных перевозок к 2050 г.

По оценкам экспертов, для соответствия сценариям роста температуры на 1,5 градуса Цельсия к 2030 г. 5–17 % судового топлива должно будет иметь нулевой уровень выбросов, а к 2050 г. этот показатель должен увеличиться до 84–93 %. Однако в настоящее время виды топлива с нулевым уровнем выбросов далеки от достижения этих целей, в основном из-за более высоких экономических, технических и инфраструктурных барьеров по сравнению с тяжелым дизельным топливом.

Обсуждение

Поскольку снижение углеродных выбросов в первую очередь зависит от снижения потребления тяжелого дизельного топлива, необходимо изучить доступные варианты новых альтернативных видов топлива.

СПГ. На сегодняшний день единственным коммерчески жизнеспособным альтернативным топливом для судоходства является сжиженный природный газ (СПГ), который используется уже около 20 лет.

Пример использования СПГ в качестве альтернативного топлива – компания Hudong-Zhonghua Shipbuilding – дочерняя компания Китайской государственной судостроительной корпорации (CSSC), которая поставила французской компании CMA CGM Group в Шанхае CMA CGM SEINE крупнейший в мире контейнеровоз вместимостью 24 000 TEU, работающий на двухтопливном СПГ. Судно длиной 399 м и шириной 61,3 м способно перевозить 23 876 TEU, включая 2200 рефрижераторных контейнеров, и до 220 000 т груза. Его мембранный газовый танк MARK III объёмом 18 600 м^3 позволяет судну пройти почти 20 000 морских миль на одной заправке СПГ. Согласно отчётам, CMA CGM SEINE сокращает выбросы CO_2 на 20 %, оксидов азота – до 85 % и практически полностью устраняет выбросы оксидов серы и твёрдых частиц по сравнению с аналогичными судами, работающими на нефтяном топливе. Кроме того, судно отличается более высокой эффективностью, повышенной пожарной безопасностью, превосходным комфортом для экипажа и соответствует требованиям IMO Tier III и последним требованиям SOLAS.

СПГ выделяет примерно на 25 % меньше углекислого газа, чем обычное судовое топливо, однако если учитывать утечки метана и выбросы в процессе эксплуатации, не приносит никакой пользы для климата, выбрасывая за весь жизненный цикл на 70 % больше парниковых газов, чем суда, работающие на обычном судовом топливе. Кроме того, недавнее исследование показало, что перевод мирового судоходного флота на СПГ может привести к финансовым потерям до 850 миллиардов долларов к 2030 г. Это основано на предположении, что к 2030 г. отрасль будет стремительно отказываться от ископаемого топлива, а дорогостоящие суда, работающие на СПГ, быстро потеряют свою ценность.

Метанол. Еще одной альтернативой, пригодной для декарбонизации, является «зелёный» метанол, производимый на основе «зеленого» водорода и (уловленного или биогенного) углерода. Промышленный гигант Maersk уже инвестирует в «зелёный» метанол – климатически нейтральное топливо. Компания Pacific Ocean Engineering (Zhoushan) Co., Ltd. построила первый в мире модернизированный контейнеровоз, работающий на метаноле. Компания Mitsubishi заключила партнерство с целью строительства первых в Японии судов типа RORO, работающих на метаноле. Компании X-Press Feeders, Global Energy Trading Pte Ltd (GET) и PSA Singapore (PSA) завершили первую одновременную операцию по бункеровке и погрузке метанола (SIMOPS) в Сингапуре.

Метанол можно использовать на существующих судах, поскольку его можно хранить в жидком виде при температуре окружающей среды, а хранилища имеются в 88 из 100 крупнейших портов мира. Однако самым большим препятствием для «зелёного» метанола является тот факт, что инфраструктура для улавливания углекислого газа и получения водорода с использованием возобновляемых ресурсов пока недоступна в достаточном масштабе, что приводит к высоким затратам. Кроме того, метанол, хотя и чище традиционных видов тяжёлого топлива, огнеопасен и едкий, что может привести к серьёзным пожарам на борту.

Аммиак. Аммиак – возобновляемое топливо, состоящее из азота и водорода, в настоящее время является одним из наиболее перспективных решений, поскольку он практически не выделяет углекислого газа, обладает высокой плотностью энергии и относительно дешев по сравнению с другими видами топлива с нулевым уровнем выбросов. Однако использование аммиака в качестве судового топлива сопряжено с рисками для безопасности, прежде всего из-за его токсичности. Персонал на борту и на берегу должен быть специально обучен и иметь средства индивидуальной защиты, так как аммиак представляет значительную опасность как для здоровья человека, так и для окружающей среды, а суда должны быть спроектированы с учетом необходимости высокого уровня безопасности для снижения вероятности утечек. Это наряду с необходимостью масштабирования производства «зелёного» водорода делает аммиак более дорогим по сравнению с традиционными видами топлива.

В последние годы несколько судоходных компаний взяли на себя обязательство использовать аммиак в качестве морского топлива для сокращения выбросов углерода и продвижения экологически безопасных методов судоходства. Например, компания Nippon Yusen Kaisha (NYK) завершила строительство первого в мире буксира, работающего на аммиаке, и строит среднего тоннажа газовоз, работающий на аммиаке, строительство которого планируется завершить в ноябре 2026 г. Компания Mitsui OSK Lines (MOL) недавно осуществила первую в мире перевалку аммиака с судна на судно и проектирует балкер грузоподъемностью 210 000 дедвейт-тонн, работающий на аммиаке.

Кроме того, в апреле 2024 г. компания Eastern Pacific Shipping укрепила сотрудничество в области охраны окружающей среды с Морским и портовым управлением Сингапура, построив шесть новых судов, зарегистрированных в Сингапуре и работающих на двух видах топлива, включая аммиак. На выставке Posidonia 2024 Корейский регистр судов выдал принципиальное одобрение (AiP) сверхбольшому аммиачному судну Samsung Heavy Industries водоизмещением 150 тыс. т и подписал с ними меморандум о взаимопонимании по строительству контейнеровозов вместимостью 9300 TEU, работающих на аммиаке.

Водородное топливо. Водородное топливо также всё чаще рассматривается как важное решение для декарбонизации судоходства. При использовании возобновляемых источников энергии водородное топливо сгорает с нулевым выбросом углерода, образуя только воду в качестве побочного продукта. Кроме того, его удельная энергия примерно в три раза выше, чем у тяжёлого топлива, он нетоксичен и не имеет цвета и запаха. Однако водород – легковоспламеняющийся и легко рассеиваемый газ. Для его использования в качестве топлива экипажи должны пройти специальную подготовку, а судам потребуется создать дорогостоящую инфраструктуру для хранения водорода при криогенных температурах (-53 °C / -423 °F) под давлением. Эти проблемы безопасности, а также высокие затраты на модернизацию и эксплуатацию являются барьерами для использования водородного топлива.

Биотопливо и электроэнергия. Биотопливо и электроэнергия также изучаются в качестве альтернатив тяжелому топливу и уже находят ограниченное применение в смеси с другими видами судового топлива. Биотопливо стало перспективным вариантом сокращения выбросов в морском секторе и рассматривается многими судовладельцами как простой в использовании вариант. Исследование судоходной ассоциации Сингапура за 2024 г. подтвердило рост использования биотоплива судоходными компаниями, что также согласуется с ежемесячной тенденцией к росту продаж биотоплива в качестве бункерного топлива в Сингапуре, о чем сообщает Морское и портовое управление Сингапура (MPA).

Растущий спрос на биотопливо обусловлен его совместимостью с существующими двигателями, поскольку его можно смешивать с традиционными видами топлива в различных концентрациях, тем самым снижая необходимость в дорогостоящей модернизации двухтопливных систем.

Хотя биотопливо является жизнеспособным переходным решением для морской отрасли, существуют эксплуатационные соображения, которые нельзя упускать из виду. Потенциальные последствия использования биотоплива в существующих двигателях требуют тщательного технического анализа, поскольку изменение настроек двигателя или бортового оборудования может привести к непредвиденным проблемам.

Потенциальные риски, связанные с биотопливом, включают кислородную деградацию, нестабильность, коррозию и разрушение резиновых деталей, таких как уплотнители, прокладки и шланги. Кроме того, рост микроорганизмов в топливных баках может привести к засорению оборудования, что ещё больше усложнит обслуживание и снизит эффективность эксплуатации. Ситуация усугубляется растущей чувствительностью к качеству топлива у современного оборудования, ремонт которого становится всё более дорогостоящим. В результате биотопливо, хотя и является многообещающей альтернативой, может привести к более частым и дорогостоящим убыткам для судовладельцев и увеличить нагрузку на страховщиков.

Поскольку природа этих новых видов топлива/смесей более разнообразна по сравнению с ранее использовавшимися традиционными топливными смесями, для них требуются дополнительные параметры контроля качества. Последняя редакция стандарта ISO 8217, опубликованная в мае 2024 г., теперь включает требования к биотопливу, которые могут смягчить некоторые эксплуатационные проблемы, связанные с использованием биотоплива на судах. Важно также понимать, что, поскольку ассортимент доступных видов биотоплива широк и постоянно меняется, его становится сложно регулировать надлежащим образом.

Электроаккумуляторные батареи и береговое электроснабжение – ещё один вариант с нулевым уровнем выбросов для мировой судоходной отрасли. Учитывая существующую инфраструктуру, электроэнергия оправдана только для каботажных перевозок или небольших внутренних паромов. Однако её применение может расшириться при сочетании с другими видами топлива, например, в электродвигателях, заряжаемых от дизельных генераторов.

Обеспечение безопасности при использовании альтернативных видов топлива

Альтернативные виды топлива, такие как СПГ, аммиак, метанол и водород, являются основными вариантами декарбонизации морского судоходства в будущем. Эти виды топлива открывают потенциал для судоходства с нулевыми выбросами, но их использование сопряжено с определенными рисками для безопасности. Для страховщиков и специалистов по управлению рисками обеспечение безопасности судов, работающих на этих альтернативных видах топлива, остается приоритетом.

Более того, риски, связанные с этими видами топлива, выходят за рамки рисков для самого судна. В случае аварии возрастает опасность утечки взрывоопасных паров на близлежащие объекты и суда. Пожары, вызванные этими альтернативными видами топлива, могут распространяться на значительные расстояния, нанося значительный ущерб соседним судам или портам. Эти проблемы безопасности усложняют переход на альтернативные виды топлива, заставляя страховых специалистов учитывать не только индивидуальные риски для судов, но и более широкое воздействие на окружающие активы [14–15]. Хотя данные виды топлива могут обеспечивать значительные экологические преимущества, их влияние на безопасность остаётся серьёзным препятствием, которое необходимо решить перед их широким внедрением. Надлежащее обучение, нормативный надзор и соблюдение протоколов безопасности будут иметь решающее значение для снижения существующих рисков и обеспечения безопасной интеграции альтернативных видов топлива в морскую отрасль.

Заключение

Декарбонизация судоходства подразумевает сокращение углеродного следа судов за счёт отказа от ископаемого топлива и перехода на более «чистые» источники энергии. В условиях перехода отрасли на альтернативные виды топлива невозможно переоценить важность хорошо подготовленного, профессионального и мотивированного экипажа [16–17]. Альтернативные виды топлива обладают свойствами, которые создают новые, специфические проблемы безопасности по сравнению с традиционными видами, что требует нового понимания и внедрения иных систем безопасности и методов работы.

Человеческий фактор по-прежнему остаётся одной из основных причин морских аварий, и по мере появления новых видов топлива риски, связанные с неправильным обращением, хранением и эксплуатацией этих видов топлива, будут только возрастать.

Успешность энергетического перехода морского транспорта к нулевым выбросам парниковых газов за счет внедрения новой техники и технологий во многом будет зависеть от уровня их безопасности, включающей человеческий фактор.

Список источников

1. Lindstad E., Lagemann B.,. Rialland A, Gamlem G. M., Valland A. Reduction of maritime GHG emissions and the potential role of E-fuels // Transp Res Part D: Transp Environ. 101 (2021). Article 103075. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

2. Wang Y., Cao Q., Liu L., Wu Y., Liu H. Y., Gu Z. Y. et al. A review of low and zero carbon fuel technologies: achieving ship carbon reduction targets // Sustainable Energy Technol Assess. 54 (2022). Article 102762. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

3. Skoko I., Stanivuk T., Franic B., Bozic D. Comparative analysis of CO2 emissions, fuel consumption, and fuel costs of diesel and hybrid dredger ship engines // J Mar Sci Eng. 12 (2024). P. 999.

4. Li Z. W., Wang K., Hua Y., Liu X., Ma R. Q., Wang Z. et al. GA-LSTM and NSGA-III based collaborative optimization of ship energy efficiency for low-carbon shipping // Ocean Eng. 312(3) (2024). Article 119190. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

5. Wang Z., Qi Y. L., Sun Q. Y., Lin Z. L., Xu X. T. Ammonia combustion using hydrogen jet ignition (AHJI) // Internal combustion engines Energy. 291 (2024). Article 130407. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

6. Liu H. Y., Yu S. W., Wang T. Y., Li J., Wang Y. J. A systematic review on sustainability assessment of internal combustion engines // J Clean Prod. 451 (2024). Article 141996. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

7. Wang Z., Dong B., Li M. Y., Ji Y. L., Han F. H. Configuration of low-carbon fuels green marine power systems in diverse ship types and applications // Energy Conver Manage. 302 (2024). Article 118139. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

8. Zhu X. X., Hou X. C., Li J. H., Yan G. G., Li C. P., Wang D. B. Distributed online prediction optimization algorithm for distributed energy resources considering the multi-periods optimal operation // Appl Energy. 348 (2023). Article 121612. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

9. Chang C. C., Huang M. L., Li C. H. Analysis of emission reduction strategies for the use of alternative fuels and natural carbon sinks in international bulk shipping // Energy Convers Manage: X, 24 (2024), Article 100702. View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar.

10. IMO. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions form Ships. 2023. https://www.cdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Envirnment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf. Google Scholar.

11. https://www.researchgate.net/publication/386126121_The_Possibility_of_Using_Hydrogen_as_a_Green_Alternative_to_Traditional_Marine_Fuels_on_an_Offshore_Vessel_Serving_Wind_Farms?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6Il9kaXJlY3QifX0.

12. Толмачев С. А. Вопросы и проблемы, связанные с осуществлением стратегии ИМО 2023 года по сокращению выбросов парниковых газов с судов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2023. № 72–73. С. 13–20. EDN EQXMNI.

13. Новицкий, М. Е. Проблемы экологичности морского транспорта / М. Е. Новицкий, А. А. Волков // Актуальные решения проблем водного транспорта : сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Астрахань, 29–31 мая 2024 года. Астрахань : Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. С. 434–437. EDN CWEHDZ.

14. Применение альтернативных видов топлива для обеспечения экологической безопасности морских судов / В. П. Говорухин, А. А. Таранцев, В. А. Родионов, О. А. Королев // Морские интеллектуальные технологии. 2025. № 1–1(67). С. 75–81. DOI 10.37220/MIT.2025.67.1.009. EDN OVKOHH.

15. Тормашев, Д. С. Современные вызовы морской индустрии в области декарбонизации судов и пути оптимизации процессов энергосбережения в СЭУ / Д. С. Тормашев, А. И. Епихин // Эксплуатация морского транспорта. 2021. № 3(100). С. 110–113. DOI 10.34046/aumsuomt100/16. EDN UOMHWE.

16. Ганнесен, В. В. Тренажерная подготовка как инструмент снижения количества технических аварий морских судов / В. В. Ганнесен, Е. Е. Петрова, И. С. Карпушин // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 179–185. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2024-70-18. EDN WCZHUH.

17. Ганнесен, В. В. О специфике пожаров в машинном отделении / В. В. Ганнесен, Е. Е. Петрова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 215–222. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2024-69-21. EDN VHJKVH.

Сведения об авторах

В. В. Ганнесен – доцент, доцент кафедры судовождения, AuthorID: 812731.

Е. Е. Петрова – кандидат технических наук, доцент кафедры судовождения, AuthorID: 1108787.

Information about the authors

V. V. Gannesen – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Navigation, AuthorID: 812731.

E. E. Petrova – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Navigation, AuthorID: 1108787.

Статья поступила в редакцию 10.10.2025; одобрена после рецензирования 01.11.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 10.10.2025; approved after reviewing 01.11.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 193–201.

СУДОВЫЕ ЭНЕРЕГТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья
УДК 621.431.74.016 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-20 EDN: ZKVCVX

Анализ конструктивных особенностей термоприёмников для определения параметров теплообмена в камере сгорания судовых дизелей

Борис Иванович Руднев[1], Ольга Владимировна Повалихина[2]
[1, 2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1, 2] povalichina@mail.ru

Аннотация. Показаны конструктивные особенности термоприёмников для определения локальных параметров теплообмена в камере сгорания судовых дизелей. Установлено, что наиболее пригодными для таких исследований являются термоприёмники типа Fe–Ni, имеющие линейную характеристику зависимости термоЭДС от температуры.

Ключевые слова: судовой дизель, камера сгорания, параметры теплообмена, поверхностный термоприёмник

Для цитирования: Руднев Б. И, Повалихина О. В. Анализ конструктивных особенностей термоприёмников для определения параметров теплообмена в камере сгорания судовых дизелей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 193–201.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 193–201.

Original article

SHIP'S POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Analysis designing of features thermocouples for definition local of parameters heat transfer in marine diesel combustion chamber

Boris I. Rudnev[1], Olga V. Povalikhina[2]
[1, 2] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1, 2] povalichina@mail.ru

Abstract. Constructive features of thermocouples for definition of local parameters heat transfer in marine diesels combustion chamber are showing. Major useful for thus investigations appear thermocouples of make Fe – Ni hold liner characteristics of dependence thermoEMP from temperature is determined.

Keywords: marine diesel, combustion chamber, parameters of heat transfer, shallow thermocouple

For citation: Rudnev B. I., Povalikhina O. V. Analysis designing of features thermocouples for definition local of parameters heat transfer in marine diesel combustion chamber // *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 193–201. (in Russ.).

© Руднев Б. И, Повалихина О. В., 2025

Введение

Использование современных систем автоматизированного проектирования (САПР) позволило за последние два десятилетия сократить сроки проектирования сложных технических объектов, к которым относятся и судовые дизели, в среднем в 3–5 раз. Вместе с тем время доводки головного образца судового дизеля, особенно большой размерности, предшествующее запуску его в серийное производство, все еще занимает достаточно большой срок (от 3 месяцев до полутора лет и более) [1–4]. Это обусловлено тем, что для оценки теплового и напряженно-деформированного состояния деталей, образующих камеру сгорания (КС) судовых дизелей, в САПР используются недостаточно точные математические модели (ММ). Отличие расчетных и экспериментальных данных по локальным параметрам теплообмена и тепловой напряженности указанных выше деталей составляет от 15 до 50 %. Необходимо также отметить, что количество надежных экспериментальных данных по локальным параметрам теплообмена на поверхностях поршня, крышки и втулки цилиндра судовых дизелей весьма ограничено. Последнее обстоятельство существенно затрудняет верификацию ММ, используемых в САПР, и зачастую конструкторам приходится обращаться к предыдущему опыту и делать попытки экстраполяции экспериментальных данных на вновь создаваемый судовой дизель с повышенными параметрами рабочего процесса, другим видом топлива и т.д. В связи с отмеченным актуальность экспериментальных исследований локальных параметров теплообмена в судовых дизелях в настоящее время существенно возрастает. Целью этой статьи является представление, обсуждение и анализ основных типов термоприёмников, используемых в таких исследованиях.

Основные типы термоприёмников для определения локальных параметров теплообмена в КС судовых дизелей и их конструктивные особенности

В настоящее время известно большое число разнообразных конструкций термоприёмников, используемых для записи колебаний температуры в деталях КС как дизелей различного назначения, так и в других типах тепловых двигателей.

Конструктивно они могут быть разделены на две группы:

1. Пленочные термометры сопротивления (ПТС).
2. Поверхностные термоприёмники (термопары).

ПТС нашли широкое применение при исследованиях теплообмена в ударных трубах и в некоторых других огнетехнических установках. Конструкции различных ПТС достаточно подробно описаны во многих работах [5–7]. Собственно, ПТС включают в себя стеклянную подложку в виде цилиндра малых размеров с нанесенной на торцевую поверхность платиновой (или другой) пленкой толщиной 0,005–0,1 мкм. Принцип измерения температуры поверхности с помощью ПТС сводится к регистрации изменения его сопротивления при изменении температуры поверхности детали под действием рабочего тела.

Большим достоинством ПТС является высокая чувствительность и относительно простая схема измерений с использованием в качестве усилителей серийных тензостанций. Однако, несмотря на отмеченные достоинства, ПТС обладают и рядом существенных недостатков, которые в значительной степени препятствуют применению их при исследованиях колебаний температуры в деталях КС дизелей. К ним относятся:

1. Сложная технология изготовления и относительно большие габариты.

2. Как отмечается в [5–7], при работе ПТС в КС нагар, оседающий на их поверхности, оказывает шунтирующее воздействие и вносит погрешность при обработке полученных температурных кривых. Кроме того, не исключается возможность появления нелинейности сопротивления в функции температуры.

3. Теплофизические характеристики материала подложки и детали сильно отличаются, что не позволяет измерять в процессе опытов среднюю температуру в исследуемых точках поверхности и требует проведения повторного эксперимента с использованием в этих точках

обычных термопар. Отмеченное значительно снижает ценность полученной информации, так как трудно достичь полного соответствия рабочего режима в повторном эксперименте.

4. Поскольку в случае применения ПТС колебания температуры фиксируются на поверхности стекла, то необходим пересчет колебаний температуры.

Рассмотренными выше недостатками ПТС в основном и объясняется их малое применение при исследованиях локального теплообмена в дизелях в настоящий период времени.

Полупроводниковые термопары сопротивления [8] из-за нестабильности своих показаний при воздействии газовой среды с высокими давлениями и температурами не нашли пока в практике исследований широкого распространения.

В сравнении с ПТС и полупроводниковыми термометрами сопротивления поверхностные термоприёмники (термопары) в большинстве случаев имеют простую конструкцию, они более надежны и удобны во время испытаний. Использование современных высокочувствительных усилителей постоянного тока типа УБП2-03 значительно снижают требования к чувствительности поверхностных термоприёмников, так как позволяет усилить и надежно записать сравнительно слабые сигналы [9].

Большое распространение особенно за рубежом получил поверхностный железоникелевый Fe–Ni термоприёмник, предложенный Д. Бендерским [10]. Он представляет собой цилиндрический металлический корпус, выполненный из материала, близкого по своим теплофизическим характеристикам к материалу исследуемой детали. В центральном отверстии корпуса устанавливается никелевая проволока с окисью никеля в качестве поверхностной изоляции. Торец корпуса покрывается слоем никеля толщиной 1–3 мкм. Несколько усовершенствованная конструкция термоприёмника Д. Бендерского использовалась в работе [11]. В источниках [12, 13] приводятся конструкции двух электродных хромель-копелевых поверхностных термоприёмников с эффективной глубиной горячего спая 10–30 мкм. Авторы работ [12, 13] отмечают высокую работоспособность термоприёмников в условиях КС дизелей типа 8 ЧН 13/14 (ЯМЗ-204 и ЯМЗ-238Н). Бесспорным преимуществом двухэлектродных термоприёмников является высокая термоЭДС, что позволяет получить более качественные осциллограммы. К недостаткам подобных термоприёмников следует отнести трудность получения надежной изоляции между электродами и корпусом.

Анализ зарубежных исследований по вопросам теплообмена в дизелях, ракетных двигателях и других энергетических установках [14, 15] показывает, что поверхностные термоприёмники (термопары) имеют преимущественное распространение. В работе Селлерса [14] приводятся описания двух конструкций неохлаждаемых термоприёмников, используемых при исследованиях ракетных двигателей. Их конструктивное оформление представлено на рис. 1 и 2. Основным их недостатком является большая сложность изготовления и относительно большие габариты.

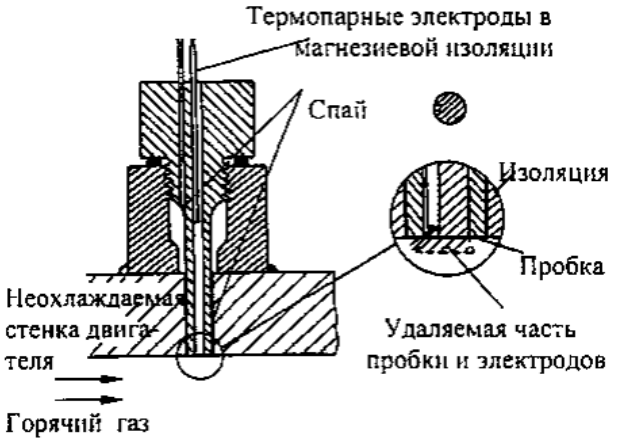


Рис. 1. Конструкция проводящего приёмника теплового потока
Fig. 1. Design of shallow thermocouple thermal flux

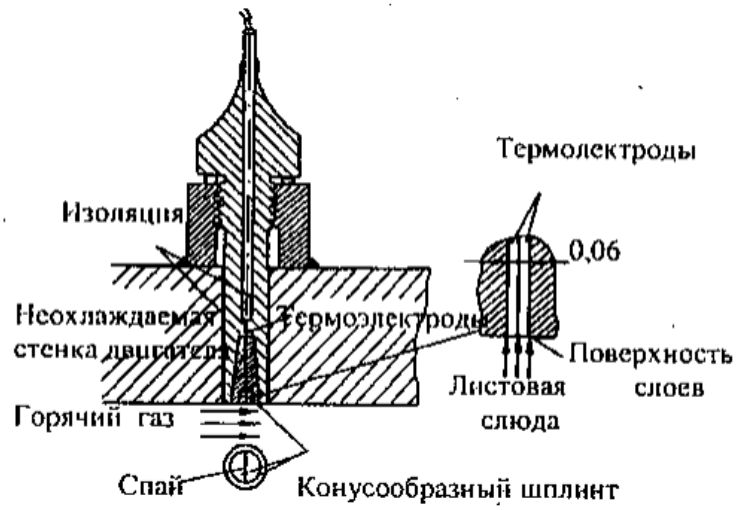


Рис. 2. Термопара фирмы «Нанмак»
Fig. 2. Thermocouple of company “Nanmak”

Последнее препятствует их использованию в деталях КС судовых дизелей, особенно в средне- и высокооборотных. В работе [15] опубликованы результаты исследований теплообмена в дизелях фирмы Caterpillar. Его авторы применили в своих опытах поверхностную железоникелевую термопару Fe–Ni, разработанную Висконсинским университетом. Конструкция этой термопары представлена на рис. 3. Такие термопары были установлены на трех различных по величине среднего эффективного давления дизелях и в процессе опытов показали надежную работу. Единственным недостатком этих термопар является их громоздкость.

Все рассмотренные выше поверхностные термоприёмники содержат в своей конструкции корпус, в котором устанавливается в соответствующей изоляции один (железоникелевый термоприёмник) или два (хромель-копелевые, медно-константановые и другие термоприёмники) термоэлектрода.

Следовательно, такие термоприёмники могут быть установлены лишь в тех местах поверхности деталей, образующих КС, где возможно выполнить сверление под их корпус [16].

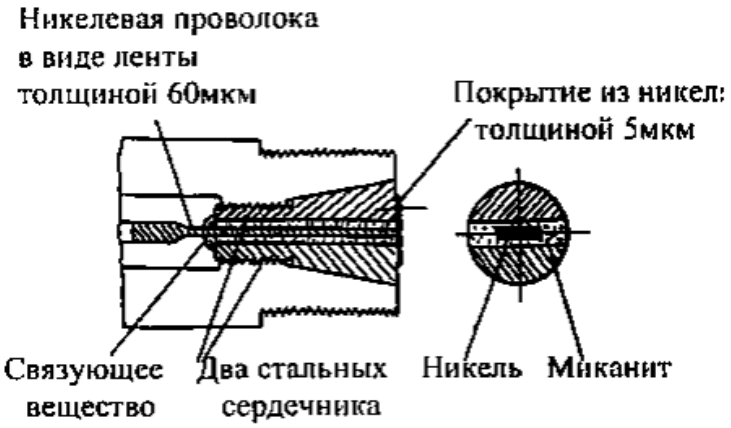


Рис. 3. Конструкция поверхностной термопары Винсконсинского университета
Fig. 3. Design of shallow thermocouple of Visconsin university

Избежать отмеченной трудности позволяет термоприёмник, представленный в работе [17]. Его конструкция показана на рис. 4.

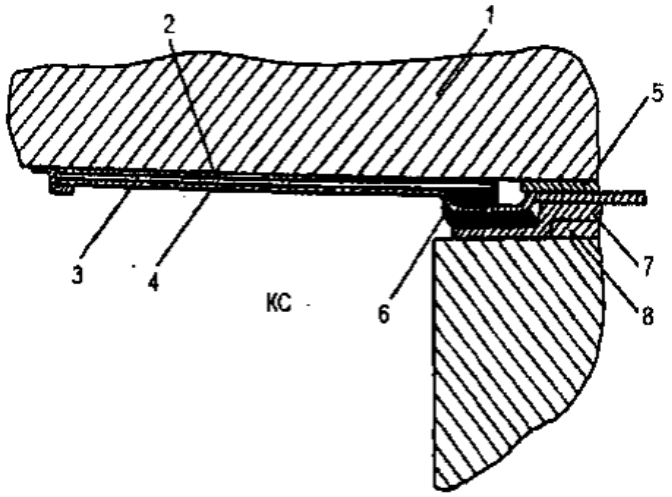


Рис. 4. Поверхностная термопара, использованная в [17]: 1 – чугун; 2 – алюминий; 3 – фтористый магний; 4 – сурьма; 5 – подушка из аралдита; 6 – кремнекаучук; 7 – асбест; 8 – медная прокладка

Fig. 4. Shallow thermocouple employed in [17]: 1 – cast iron; 2 – aluminum; 3 – magnesium; 4 – antimony; 5 – pillow; 6 – rubber; 7 – asbestos; 8 – insert on copper

Особенностью этой термопары является то, что соединение термоэлемента и его проводов может быть приложено непосредственно на поверхности КС. Это позволило установить термоэлементы в любой желаемой точке и обеспечить сравнительно легкую замену вышедшего из стоя термоэлемента. Горячий спай этих термопар изготавливается путем вакуумного напыления трех очередных пленок: первая пленка слоя алюминия – для создания связи с поверхностью головки, вторя пленка – слой фтористого магния в качестве изоляции и, наконец, слой сурьмы. Общая толщина трех слоев составляет менее 5 мкм. Описанная поверхностная термопара помимо своих неоспоримых преимуществ имеет и один существенный недостаток. Она очень сложна в изготовлении, ибо требует большую вакуумную камеру, в которой можно было бы разместить головку цилиндров или другую деталь двигателя. В связи с этим такие термопары не нашли пока широкого применения в практике экспериментальных исследований теплообмена в дизельных двигателях.

В работе [18] предложена оригинальная конструкция поверхностного железо-никелевого термоприёмника, который показал высокую степень надежности при длительных моторных испытаниях (80 ч и более) [4]. Его конструкция представлена на рис. 5.

Корпус термоприёмника представляет собой цилиндрическую втулку (диаметром 7 мм) из материала, близкого по своим теплофизическим характеристикам к материалу детали. В коническом отверстии корпуса (конусность 1 : 50) монтируется разрезная втулка, выполненная из железа (стали), которая служит одним из термоэлектродов. Корпус и вставка притираются по поверхности Б. Между двумя частями вставки устанавливается плоский никелевый электрод толщиной 0,2 мм. Важным с точки зрения надежности работы поверхностного термоприёмника является способ изоляции центрального плоского никелевого электрода. В процессе доводки конструкции термоприёмника были экспериментально проверены различные способы изоляции. Во всех вариантах большие боковые поверхности никелевого электрода изолировались с помощью различных видов слюды в виде тонких пластинок, а для изоляции малых боковых поверхностей применялись клей К-300, кремнеорганический клей В-58 и стеклокерамическая изоляция.

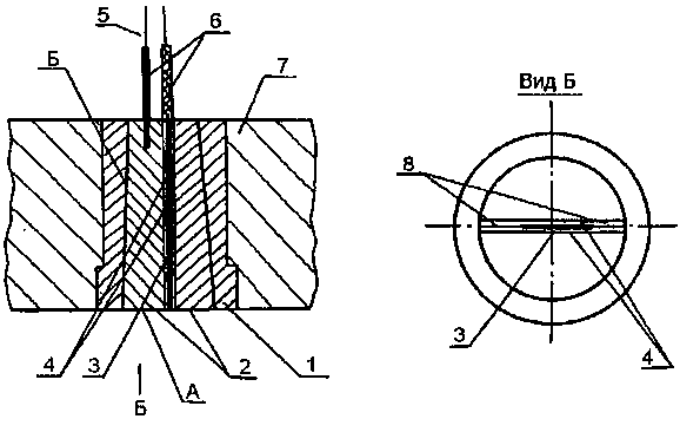


Рис. 5. Поверхностный железо-никелевый тепмоприёмник: 1 – корпус; 2 – разрезная вставка; 3 – никелевый электрод; 4 – пластинки синтетической слюды; 5 – вывод железного электрода; 6 – изоляция выводов; 7 – термометрируемая деталь; 8 – стеклокерамическая изоляция; А – поверхность с никелевым покрытием; Б – коническая поверхность корпуса и вставки

Fig. 5. Shallow thermocouple Fe–Ni: 1 – corps; 2 – insert on; 3 – Ni-electrode; 4 – mica; 5 – Fe-electrode; 6 – isolation; A – surface with Ni; Б – surface of corps and insert on

Экспериментальная проверка термоприёмников с различной изоляцией малых боковых поверхностей центрального электрода показала, что наибольшей надежностью обладают термоприёмники со стеклокерамической изоляцией. Последняя разработка в Институте химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН и представляет собой стеклокерамическое покрытие на силикофосфатной растворимой связке. Изоляция больших боковых поверхностей никелевого электрода выполнена с помощью синтетической слюды типа фторфтогонит в виде монокристаллических пластинок толщиной 10 мкм [19]. Сборка корпуса, вставки, центрального никелевого электрода и изоляции осуществляется с помощью клея типа К-300. После сборки термоприёмники подвергаются сушке при температуре 20–40 ^{0}С в течение 4–8 ч и проверке качества изоляции. Сопротивление изоляции у выполненных термоприёмников состаляет не менее 1 МОм.

Затем поверхность А термоприёмника (см. рис. 5) запиливается заподлицо с корпусом и шлифуется, после чего на нее по специально разработанной технологии наносится электрохимическим способом пленка никеля определенной толщины. Подробное описание указанной технологии приведено в [16].

При заданной средней толщине покрытия 10–20 мкм и катодной плотности тока 2 А/дм^3 время электролиза составляет 26–52 мин.

Статическая градуировка разработанных в [18] поверхностных железоникелевых термоприёмников осуществлялась методом сличения в масляном термостате ТС-15. Их градуировочная характеристика показана на рис. 6 и является линейной в исследуемом диапазоне температур. Величина термоЭДС лежит в пределах 28–30 мкВ/^{0}С.

Проведенные одним из авторов настоящей статьи более чем 200-часовые испытания разработанных в [18] термоприёмников на дизеле 8ЧН 13/14 показали их высокую надежность. Последняя определяется тем, что их рабочим «спаем» является вся линия раздела между железной вставкой и никелевым электродом.

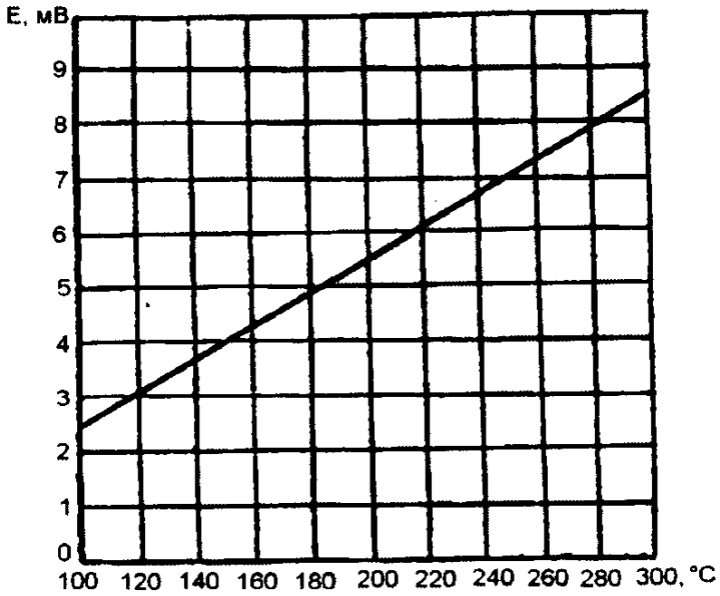


Рис. 6. Градуировочная характеристика поверхностного железоникелевого термоприёмника
Fig. 6. Graduating characteristics shallow Fe-Ni thermocouple

Поэтому их работа не нарушается, пока не удален весь никелевый «мостик» на этой линии. Еще одним преимуществом разработанной конструкции термоприёмника является способ крепления и изоляции центрального электрода, который позволяет создать одновременно высокое сопротивление изоляции и надежное уплотнение. Последнее особенно важно при работе термоприёмников в КС дизелей [16]. В настоящее время для экспериментального определения параметров локального теплообмена в различных энергетических установках, в том числе и в судовых дизелях, исследователями предлагаются и другие конструкции термоприёмников и датчиков теплового потока [20, 21].

Заключение

Проведенный анализ конструктивных особенностей термоприёмников для определения локальных параметров теплообмена в КС судовых дизелей показал, что наиболее пригодными по надежности, метрологическим характеристикам и габаритам для таких исследований являются поверхностные термоприёмники (термопары) типа Fe–Ni и др. Следует также отметить их способность сохранять линейный характер зависимости термоЭДС от температуры во всем диапазоне измеряемых параметров теплообмена.

Список источников

1. Петриченко Р. М., Батурин С. А., Исаков Ю. Н. и др. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС. Алгоритмы прикладных программ. Л. : Машиностроение, 1990. 328 с.

2. Кавтарадзе Р. З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 472 с.

3. Костин А. К., Ларионов В. В., Михайлов Л. И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания : справочное пособие. Л. : Машиностроение, 1979. 222 с.

4. Руднев Б. И. Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток : Дальнаука, 2000. 221 с.

5. Амброк Г. С. Определение инерционности защитных покрытий пленочных термометров сопротивления // Теплофизика высоких температур. 1965. Т. 3, № 2. С. 294–298.

6. Орлин А. С., Чайнов Н. Д., Поляков Ю. А., Сазонов Ю. И. Экспериментальное исследование теплообмена между газом и крышкой цилиндра вихрекамерного дизеля 1Ч 8,5/11 пленочными термопарами сопротивления // Энергомашиностроение. 1975. № 6. С. 20–22.

7. Поляков Ю. А. Применение пленочных датчиков для изучения теплообмена в диссоциированном потоке газа // Физическая газодинамика, теплообмен и термодинамика газов высоких температур. М. : АН СССР, 1962. С. 251–259.

8. Шефтель И. Т. Термосопротивления. Л. : ЛДНТП, 1957. Вып. 3. 32 с.

9. Руднев Б. И., Повалихина О. В. Контрольно-измерительный комплекс для исследования параметров рабочего процесса и радиационно-конвективного теплообмена в камере сгорания судового высокооборотного дизеля // Морские интеллектуальные технологии. 2022. Ч. 1, № 2. С. 73–78.

10. Bendersky D. A special ther5mocouple for measuring transient temperatures // Mech, Engineering. 1953. Vol. 75. P. 117–120.

11. Whitehouse N. D. Heat transfer in a quiescent chamber Diesel engine // Proc. Inst. Mech. Eng. 1970–1971. Vol. 185, Part 1. P. 963–975.

12. Баранов Ю. Е. Исследование теплоотдачи в стенке внутрицилиндровой полости быстроходного дизеля, форсированного наддувом : автореф. дис. … канд. техн. наук. Л. : Военная академия тыла и транспорта, 1974. 22 с.

13. Храпов Б. И., Шишков В. М. Измерение нестационарных температурных полей в деталях ДВС // Двигатели внутреннего сгорания. М. : НИИ ИНФОРМТЯМАШ, 1969. 4-69-10. С. 41–44.

14. Селлерс Д. П. Термопарные приемники для оценки локальных коэффициентов теплоотдачи в ракетных двигателях // Измерение нестационарных температур и тепловых потоков. М. : Мир, 1966. С. 127–137.

15. Oguri T., Inaba S. Radiant heat transfer in diesel engines // SAE Preprints. 1972. No 720023. P. 1–19.

16. Руднев Б. И., Повалихина О. В. Процессы теплообмена в камере сгорания дизельных двигателей. Эксперимент и математическое моделирование. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrucken, Germany, 2013. 112 с.

17. Annand W. J. D., Ma T. H. Instantaneous heat transfer rates to the cylinder heat surface of a small compression- ignition engine // Proc. Inst. Mech. Eng. 1970–1971. Vol. 185, Part 1. P. 976–987.

18. Костин А. К, Михайлов Л. И., Руднев Б. И. Термоприемник для исследования колебаний температуры в деталях ДВС // Двигатели внутреннего сгорания. М. : НИИ ИНФОРМТЯЖМАШ, 1977. 4-77-16. С. 16–19.

19. Лейзорзон М. С. Синтетическая слюда. М.; Л. : Госэнергоиздат, 1962. 192 с.

20. Chang J., Fillipi Z., Assanis D. et al. Characterizing the thermal sensitivity of gasoline homogeneous charge compression ignition engine measurements of instantaneous wall temperature and heat flux // Int. J. Engine. Res. 2005. Vol. 6. P. 289–309.

21. Сапожников С. З., Митяков В. Ю., Митяков А. В. Градиентные датчики теплового потока в теплотехническом эксперименте. СПб. : СПбГПУ, 2007. 203 с.

Сведения об авторах

Б. И. Руднев – доктор технических наук, профессор кафедры «Холодильная техника и инженерные системы».

О. В. Повалихина – доцент кафедры «Холодильная техника и инженерные системы».

Information about the authors

B. I. Rudnev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Refrigeration and Engineering Systems.

O. V. Povalikhina – Associate Professor of the Department of Refrigeration and Engineering Systems.

Статья поступила в редакцию 29.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 29.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Том 74, № 4. С. 202–214.

ВОПРОСЫ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Научная статья
УДК 639.2+330.34(100) DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-21 EDN: ZXELUS

Сравнительно-исторический анализ технологических траекторий в глобальном промышленном рыболовстве: XIX–XX вв.

Ольга Игоревна Шестак[1], Павел Андреевич Демчук[2]
[1, 2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
[1] vvsu_vladivostok@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1952-0829
[2] andreypd2006@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена решению научной проблемы, связанной с выявлением комплекса факторов, обусловивших существенную вариативность технологических траекторий развития промышленного рыболовства в ведущих рыболовных державах в период начала XIX – конец XX вв. В основе исследования лежит сравнительный историко-институциональный анализ, позволяющий провести межстрановое сопоставление роли государства, внешнеполитического контекста, экономических стратегий и экологических вызовов в формировании национальных моделей отраслевой модернизации. Несмотря на общность глобальных технологических трендов, исследование выявило глубокое расхождение технологических траекторий развития промышленного рыболовства в разных странах в различные исторические периоды. Доказано, что долгосрочный успех технологического развития в промышленном рыболовстве детерминирован не столько внедрением новых технологий самих по себе, сколько качеством институтов, способных гармонизировать технологические инновации с задачами устойчивого управления биоресурсами.

Ключевые слова: история технологий, промышленное рыболовство, технологические траектории, национальные модели модернизации, институциональный анализ, государственное регулирование промышленного рыболовства

Для цитирования: Шестак О. И., Демчук П. А. Сравнительно-исторический анализ технологических траекторий в глобальном промышленном рыболовстве: XIX–XX вв. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 202–214.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 202–214.

ISSUES IN THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE FISHERIES INDUSTRY

Original article

Comparative historical analysis of technological trajectories in global industrial fisheries: 19th–20th centuries

Olga I. Shestak[1], Pavel A. Demchuk[2]
[1, 2] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] Far Eastern Federal University, Владивосток, Россия
[1] vvsu_vladivostok@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1952-0829
[2] andreypd2006@mail.ru

© Шестак О. И., Демчук П. А., 2025

Abstract. This article addresses the scientific problem of identifying the complex of factors that caused significant variability in the technological trajectories of industrial fisheries development in leading fishing nations from the early 19th to the late 20th centuries. The research is based on a comparative historical-institutional analysis, enabling a cross-country comparison of the role of the state, foreign policy context, economic strategies, and environmental challenges in shaping national models of sectoral modernization. Despite common global technological trends, the study revealed a profound divergence in the technological trajectories of industrial fisheries development across different countries and historical periods. It is proven that the long-term success of technological development in industrial fisheries is determined not so much by the introduction of new technologies per se, but by the quality of institutions capable of harmonizing technological innovations with the tasks of sustainable bioresource management.

Keywords: history of technology, industrial fisheries, technological trajectories, national modernization models, institutional analysis, state regulation of industrial fisheries

For citation: Shestak O. I., Demchuk P. A. Comparative historical analysis of technological trajectories in global industrial fisheries: 19th–20th centuries. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 74(4): 202–214. (In Russ.).

Введение

История промышленного рыболовства в XIX–XX вв. представляет собой сложный процесс взаимодействия технологий, политических и экономических институтов и ресурсной базы. Несмотря на универсальный характер таких вызовов, как исчерпание прибрежных ресурсов и необходимость повышения эффективности, ответы разных стран демонстрировали существенную вариативность. Цель настоящей статьи – провести сравнительный анализ технологических траекторий развития промышленного рыболовства ведущих рыболовных держав в различные исторические периоды и выявить ключевые факторы, определившие специфику внедрения технических инноваций, модернизации флота и орудий лова в разных национальных контекстах.

Объекты и методы исследования

Методологическую основу исследования составил компаративный историко-институциональный анализ, позволяющий сопоставить роли государства, внешней политики, экономической конъюнктуры и научного сообщества в формировании национальных моделей технологической модернизации отрасли ведущих рыболовных держав.

Источниковой базой исследования выступили статистические данные национальных и международных организаций, технические характеристики судов и орудий лова, а также нормативно-правовые материалы и документы, отражающие институциональные реформы в отрасли. Для углубления анализа и верификации данных был привлечен широкий круг монографий и статей российских и зарубежных авторов. Достоверность выводов обеспечивается перекрестной проверкой данных из первичных аналитических обзоров, их соотнесением с выводами признанных академических исследований, а также непротиворечивостью выявленных тенденций в сравнительной ретроспективе.

Результаты и их обсуждение

1. Начало XIX в. – 1945 г.: зарождение технологических траекторий развития промышленного рыболовства.

Первый период развития промышленного рыболовства, начавшийся в XIX в. и завершившийся Второй мировой войной, не был плавным поступательным переходом к более совершенным технологиям. Это была эпоха выборочной и контекстно-зависимой модернизации, где внедрение каждого нового элемента – от паровой машины до судового электрогенера-

тора – определялось не столько потребностями рыбаков, сколько логикой национального развития, военной доктрины и экономической целесообразности [1]. При этом масштабы и цели модернизации по странам кардинально различались (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ технологических траекторий в промышленном рыболовстве: начало XIX в. – 1945 г.

Table 1

Comparative analysis of technological trajectories in industrial fisheries: Early 19th century – 1945

Страна	Ключевой фактор модернизации	Характер внедрения технологий	Роль государства	Влияние внешнеполитического контекста
Россия /СССР	Плановая индустриализация, создание отраслевой инфраструктуры	Массовые закупки и лицензирование технологий за рубежом (рефрижераторы из Дании, суда из Англии и Германии). Развитие транспортного флота как базы для последующей модернизации рыбопромыслового	***Ключевая.*** Централизованное планирование (пятилетние планы). Создание государственных трестов	***Ограничивающее.*** Необходимость преодоления международной изоляции, закупки технологий и оборудования за валюту
США	Коммерческая эффективность, развитие частного предпринимательства	Медленный, рыночно-ориентированный переход к дизелю. Раннее развитие малого коммерческого флота. Инновации в двигателестроении	***Слабая.*** Отсутствие системного госрегулирования до Великой депрессии	***Отрицательное.*** Великая депрессия (1929–1933 гг.) резко замедлила обновление флота
Япония	Военно-политическая экспансия, обеспечение продовольственной базы	Выборочное заимствование технологий (паровые траулеры). Технологическое отставание гражданского флота. Электричество и дизели приоритетны для ВМФ	***Высокая.*** Жесткое регулирование через законы о рыболовстве (1901, 1910). Стимулирование промысла в чужих водах	***Определяющее.*** Доступ к ресурсам российского Дальнего Востока по итогам войны 1904–1905 гг. Милитаризация с 1930-х гг. заморозила модернизацию
Германия	Технологическое лидерство.	Технологический лидер в мировом судостроении, строительство высокотехнологичных гражданских судов на экспорт	***Высокая.*** Господдержка судостроения	***Среднее.*** Гражданское судостроение как валютоемкая отрасль

Норвегия	Развитие национальной экономики	Постепенная осмысленная модернизация, направленная на повышение эффективности лова	***Активная.*** Поощрение судостроения через налоговые льготы. Политика протекционизма	***Среднее.*** Страна экспортировала технологии и орудия лова

Примечание. Составлено авторами на основании источников: [1–12].

Как видно из табл. 1, на первом этапе развития промышленного рыболовства технологические траектории стран определялась в первую очередь макроэкономическими и внешнеполитическими факторами.

Наиболее ярким примером подчинения технологического развития внешнеполитическим целям является траектория Японии. Несмотря на наличие в начале XX в. паровых траулеров в составе японского рыболовного флота («Кейко-мару», 1904 г.) и закупки судов за рубежом, основой флота оставались традиционные деревянные парусные суда типа «Кавасаки» (длина 13 м, экипаж до 13 человек), идеальные для артельного и сезонного промысла на арендованных у России участках [6]. Технологическая отсталость японского рыболовства компенсировалась эффективными институциональными и правовыми решениями. Русско-японская рыболовная конвенция, подписанная 15 июля 1907 г., стала юридическим инструментом, позволившим японскому рыболовству легально и в огромных масштабах осваивать ресурсы российского Дальнего Востока [7–8]. Рост японского консервного производства на Камчатке с 10 до 743 тыс. ящиков за 1910–1919 гг. – прямое следствие не технологического превосходства, а благоприятного политического режима [9]. Все передовые на тот момент технологии – судовые дизели, совершенное электрооборудование – шли на оснащение военно-морского флота. Рыболовство же выполняло роль «продовольственного тыла» для милитаризирующейся империи [5]. Таким образом, в Японии сложилась модель экстенсивного ресурсного донорства, где основной прирост уловов обеспечивался не за счет инноваций, а за счет политического доступа к чужим ресурсам.

В России, в силу специфики исторического развития, становление промышленного рыболовства как экономической отрасли и его технологическая модернизация, по сути, начинается только после 1917 г. [13]. Советская траектория технологического развития промышленного рыболовства демонстрирует стратегию опосредованной модернизации через создание смежных отраслей. Так, развитие рыболовного флота шло по двум параллельным направлениям. С одной стороны, создавался мощный и современный транспортный флот. Эти суда, оснащенные по последнему слову техники, решали макроэкономические задачи индустриализации и обслуживали в том числе рыбохозяйственную отрасль. С другой стороны, существовал собственно рыбопромысловый флот, который долгое время оставался технически отсталым [11]. Рывок в модернизации рыболовства был совершен в 1933–1935 гг. за счет точечного, но масштабного импорта высокотехнологичных судов-рефрижераторов из Дании и Великобритании [11]. Причем это было не просто приобретение новых судов, а освоение технологий глубокой переработки и сохранности улова на борту, что позволило советскому флоту начать переход от прибрежного лова к океаническому уже в 1930-е годы. Государство в этом процессе выступало оператором и единственным источником ресурсов. Декреты, направленные на развитие промышленного рыболовства, пятилетние планы и создание государственных трестов концентрировали ресурсы на стратегически важных направлениях [14]. Технологическая траектория задавалась сверху, исходя из логики общегосударственных задач, а не производственной эффективности.

Американская траектория представляла собой рыночно-ориентированную технологическую модернизацию промышленного рыболовства, стартовавшую в начале XX в. В этот период в США происходила настоящая революция в двигателестроении для малого флота. Компании Union Gas Engine Co и Gray Marine Motor Company создавали компактные, надежные бензиновые и дизельные двигатели, оснащенные собственными электрогенераторами и системами зажигания. Эти двигатели стали сердцем судов типа «Боупикерс» (Bowpicker Boat) – небольших, маневренных катеров для речного и прибрежного промысла, которые составили костяк «малого бизнеса» в рыболовстве [12, 15]. Однако полное отсутствие государственного регулирования рыболовства в этот период привело к двум ключевым для дальнейшего развития отрасли последствиям. Во-первых, Великая депрессия обрушила частные инвестиции в строительство крупнотоннажного рыбодобывающего флота, на долгие годы законсервировав развитие океанического рыболовства. Во-вторых, неконтролируемое и нерегулируемое государством прибрежное и речное рыболовство, оснащенное современным высокотехнологическим оборудованием, привело к масштабной экологической катастрофе на всем побережье Соединенных Штатов. Исследование Гарвардского университета 1930 г., зафиксировавшее гибель десятков миллионов мальков пикши, показало, что технологический прогресс без регулирования ведет к уничтожению ресурсной базы [12].

В странах Северной Европы со второй половине XIX в. формировались траектории, где технологическая модернизация в судостроении и рыболовстве стала основой национальной экономической стратегии и экспортного потенциала [1, 2, 12].

Немецкая траектория модернизации опиралась на глубокую научно-инженерную традицию. Со второй половины XIX в. Германия становится мировым лидером в двигателестроении (компании MAN, Deutz) и судостроении. Немецкие дизельные двигатели считались эталоном надежности и эффективности, что создало технологический задел, который не был полностью утрачен даже после поражения в двух мировых войнах [16].

В период между двумя мировыми войнами немецкие верфи активно строили и модернизировали рыболовный флот. Суда оснащались современными дизельными двигателями и передовым для своего времени судовым электрооборудованием – лебедки, насосы, системы освещения. В отличие от Японии, Германия делала ставку на качество и технологичность, а не на количественную экспансию. В отличие от США, она обладала мощной государственно-ориентированной промышленностью, способной на сложные проекты. В отличие от СССР, Германия была не импортером, а создателем и экспортером современного судового электрооборудования [16].

К 1945 г. Германия подошла с разрушенной, но не утраченной инженерной культурой и компетенциями в создании высокотехнологичных судовых систем.

Для Норвегии рыболовство было основой существования прибрежных сообществ, что обусловило не слепую гонку за объемами вылова, а постепенное, эволюционное внедрение новых технологий, повышавших безопасность и эффективность отрасли. Переход от весел и паруса к паровым, а затем и к дизельным двигателям был естественным и быстрым. Еще до Второй мировой войны рыболовный флот Норвегии был высокоспециализированным: зверобойные суда, сейнеры для сельди, суда для промысла трески. Широкое развитие получила кооперативная модель владения судами, что распределяло риски и способствовало внедрению технических инноваций [1]. Норвежские судостроительные верфи были известны своими качественными и надежными рыболовными судами, которые пользовались значительным спросом на внешнем рынке, и Норвегия, как и Германия, их активно экспортировала.

Таким образом, к середине XX в. сформировались четыре модели технологической модернизации промышленного рыболовства:

1. Японская модель экстенсивного ресурсного донорства, основу которой составлял политический доступ к чужим ресурсам, в то время как технологии были вторичны.

2. Советская инфраструктурно-централизованная модель, в рамках которой модернизация рыболовства являлась побочным продуктом развития транспортной и тяжелой промышленности, осуществляемого государством через масштабный импорт технологий и централизованное планирование.

3. Американская рыночно-ориентированная модель, где технологические инновации внедрялись малым бизнесом и тормозились кризисами перепроизводства и отсутствием государственного регулирования.

4. Европейская модель экспортной ориентации, где технологические инновации не только внедрялись в национальном рыболовстве, но и активно экспортировались.

Ни одна из этих моделей не была нацелена на устойчивое развитие. Технологии служили целям экспансии, прибыли или индустриализации, но не сохранению морских биоресурсов, что и предопределило кризисы следующего периода.

2. 1945–2000 гг.: углубление и дифференциация траекторий технологического развития промышленного рыболовства в условиях глобализации и ресурсных ограничений.

Второй период в технологическом развитии промышленного рыболовства начинается после окончания Второй мировой войны и связан с развитием океанического рыболовства. Он проходил под знаком научно-технической революции и автоматизации промысла, а также кардинального изменения правового поля Мирового океана через введение 200-мильных исключительных экономических зон (далее – ИЭЗ).

Таблица 2

Сравнительный анализ технологических траекторий в промышленном рыболовстве: 1945 – конец XX в.

Table 2

Comparative analysis of technological trajectories in industrial fisheries: 1945 – late 20th century

Страна	Ответ на введение ИЭЗ	Направления технологических инноваций	Институциональные механизмы	Конечный результат к 2000 г.
СССР /Россия	Широкое строительство БМРТ для работы в открытом океане и чужих ИЭЗ по соглашениям	Создание класса плавзаводов (БМРТ). Крупнотоннажное судостроение. Автоматизация процессов обработки	Плановая система, концентрация ресурсов на крупных проектах. Негибкость в условиях изменения режима ИЭЗ	Потеря многих промысловых акваторий после 1991 г. Отказ от нерентабельного крупнотоннажного флота, кризис флота в 1990-е гг.
США	Активное использование собственной ИЭЗ. Ужесточение национального регулирования. Борьба с переловом	Развитие аквакультуры (лосось, форель). Эхолоты, GPS, технологии селективного лова. Модернизация флота среднего тоннажа	Закон Магнусона-Стивенса (1976 г.) – основа научного управления. Введение жестких квот и планов восстановления запасов	Стабилизация вылова на уровне 5 млн т. Переход от экстенсивной модели к управляемой и наукоемкой. Сохранение позиции крупной рыболовной державы

Япония	Шок, сокращение океанического лова в 5 раз. Дипломатия и создание совместных предприятий в прибрежных государствах	Заимствование и адаптация технологий. Сдвиг в науку: спутниковый мониторинг, акустика, компьютерные системы прогнозирования	Закон о рыболовстве (1949 г.), сеть научно-исследовательских институтов. Недостаточность мер привела к кризису	Потеря лидерства, сокращение вылова с 12,2 млн т (1985 г.) до 6,3 млн т (2000 г.). Переход к наукоемкому, но менее масштабному промыслу
Германия (ФРГ, ГДР)	Усиление кризиса из-за потери доступа в ИЭЗ других стран	Технологическое лидерство на экспорт. Внутри страны – кризис и стагнация флота	Отсутствие эффективной системы регулирования ресурсов до объединения. Политическая фрагментация	Глубокий кризис. Вылов в объединенной Германии (250 тыс. т в 1996 г.) в разы ниже уровня ФРГ и ГДР 1970-х гг.
Норвегия	Упреждающая адаптация. Создание собственной системы квот и мониторинга	Развитие аквакультуры, энергоэффективных судов, глубокой переработки. Технологии слежения за запасами	Эталонная модель: жесткое государственное регулирование на научной основе (квоты, контроль). Частичная либерализация в 1990-х гг.	Лидер в Европе. Рост вылова и экспорта (3,2–3,6 млрд $ в 1998–2000 гг.). Устойчивое развитие
Латинская Америка (Перу, Куба, Мексика)	Использование ИЭЗ для защиты собственных ресурсов. Развитие добычи в своих ИЭЗ	Перу: строительство мощного флота перуанской анчоусовой флотилии. Создание рыбомучной промышленности. Куба: импорт технологий (СССР). Мексика: импорт технологий (НАФТА)	Перу: создание государственного института моря (IMARPE). Неудачные попытки госрегулирования, приватизация в 1990-х гг. Куба: централизованное управление, зависимое от внешнего партнера. Мексика: либерализация через международные соглашения	Перу: становление мировым лидером по вылову (анчоус) к 1970-м гг., но сильная зависимость от флуктуаций запаса и кризис из-за перелова в 1972 г. К 2000 г. – цикличность вылова. Куба: кризис после распада СССР, сокращение флота. Мексика: Умеренный рост за счет доступа к технологиям и рынкам

Примечание. Составлено авторами на основании источников: [1; 4–5; 11; 16–28].

Введение исключительных экономических зон стало проверкой на прочность национальных траекторий отраслевого технологического развития. Технологии в промышленном рыболовстве достигли невиданной сложности – от спутникового позиционирования до автоматизированных линий переработки на плавучих заводах, – но их эффективность стала всецело зависеть от качества институтов, управлявших их применением. Ключевым дифференцирующим фактором оказалась способность государства к созданию адаптивных систем управления ресурсами.

К 1970-м гг. Япония обладала одним из самых технологически продвинутых флотов в мире [27]. Строительство гигантских траулеров-заводов, водоизмещением 4–5 тыс. т с мощными морозильными установками и линиями по производству сурими, стало апогеем экстенсивной океанической модели развития промышленного рыболовства. Введение ИЭЗ означало, что эти плавучие фабрики лишились своей сырьевой базы. Вылов крупнотоннажными траулерами к 1986 г. рухнул в 5 раз по сравнению с 1973 г. [30]. Ответом на изменение правового поля стала адаптация траектории технологического развития к новым условиям:

− через создание совместных предприятий в прибрежных государствах, где Япония предоставляла технологии и капитал в обмен на квоты;

− сдвиг в сторону научных исследований – смещение фокуса на разработку высокотехнологичных методов поиска косяков (спутниковый мониторинг, акустические системы, подводные роботы) и комплексные компьютерные системы прогнозирования.

В итоге, несмотря на технологическое совершенство, промышленное рыболовство Японии, основанное на экстенсивной эксплуатации открытого океана, потерпело стратегическое поражение. К 2000 г. страна потеряла мировое лидерство, а ее рыболовство перешло в фазу наукоемкой, но значительно менее масштабной деятельности.

Американская траектория технологического развития рыболовства сместилась в сторону радикальной институциональной трансформации, где экологический кризис заставил подчинить технологическую мощь жесткому регулированию [19].

К 1970-м гг. перелов многих ключевых биоресурсов (атлантическая треска, люциан и др.) достиг катастрофического уровня. Ответом стал Закон Магнусона–Стивенса (1976 г.), который не просто провозгласил ИЭЗ США, но и наполнил ее реальным содержанием: национальные стандарты по предотвращению перелова, обязательные планы восстановления запасов, создание региональных советов по управлению рыболовством [31]. Фокус сместился с объемов добычи на селективность и контроль. Стали широко внедряться технологии наблюдения (системы мониторинга судов (VMS), бортовые наблюдатели) и селективные орудия лова (сети с увеличенной ячеей и др.). В качестве стратегии снижения пресса на дикие популяции стало развитие аквакультуры.

В итоге, к 2000 г. США создали устойчивую наукоемкую модель промышленного рыболовства, стабилизировав вылов на уровне ~ 5 млн т [30]. Их успех доказал, что технологический прогресс должен быть неразрывно связан с прогрессом управленческим.

Немецкая траектория технологического развития отрасли – парадокс «производителя орудий, проигравшего в битве за ресурсы». Верфи ФРГ продолжали оставаться «технологическим цехом» для мирового рыболовства. Реализованные для СССР проекты, такие как серия транспортных рефрижераторов «Ветер» (1963–1969) с их мощной дизель-генераторной станцией, были образцами инженерной мысли [21, с. 139–142]. При этом собственный флот ФРГ находился в глубоком кризисе. Введение ИЭЗ лишило его доступа к традиционным районам промысла в Северной Атлантике. Отсутствие сильной национальной системы квот и управления ресурсами не позволило эффективно перестроиться. Объединение с ГДР, чей флот был технически отсталым и экономически неэффективным, лишь усугубило проблемы [22, с. 278–286].

К 2000 г. Германия, производившая лучшие в мире суда, имела собственную рыболовную отрасль, находившуюся в состоянии стагнации и упадка. Это был крах модели, ориентированной на внешние, а не на внутренние ресурсы.

Во второй половине XX в. Норвегия пошла по пути продуманного стратегического развития, где технологии и управление развивались синхронно. Норвегия не просто отреагировала на введение ИЭЗ, а подготовилась к нему, создав одну из самых жестких и эффективных систем управления промышленным рыболовством в мире, которая включала [24, с. 199–221]:

− научные квоты, определяемые на основе моделей ICES;

− технологии контроля: электронный мониторинг, инспекции в море;

– экономическое стимулирование через инвестиции в энергоэффективные суда и глубокую переработку.

В отличие от Перу, которая в этот период выстроила стратегию развития рыболовства через добычу одного ресурса – анчоуса [23], Норвегия сделала ставку на диверсификацию: на промысел трески и сельди, а также на выращивание лосося, совершив революцию в аквакультуре [24, с. 112–122]. Внедряемые в этот период в отрасли технологии были направлены не на увеличение объема вылова, а на максимизацию стоимости конечного продукта.

В результате Норвегия стала бесспорным лидером Европы в промышленном рыболовстве, демонстрируя стабильный рост вылова и экспортных доходов (до 3,6 млрд $ к 2000 г.) [30]. Успех Норвегии был основан на системном управлении отраслью, где государство выступало не регулятором по эксплуатации водных биоресурсов, а менеджером экосистемы.

Со второй половины XX в. среди мировых лидеров промышленного рыболовства появились новые игроки – страны Латинской Америки [25–26]. Их траектории технологического развития отрасли существенно различались между собой.

Создание мощнейшей в мире флотилии для промысла анчоуса вывело Перу в мировые лидеры по вылову. Однако полное отсутствие эффективного регулирования и зависимость от одного ресурса привели в 1972 г. к коллапсу отрасли из-за перелова [23]. Запасы так и не восстановились до прежнего уровня, а отрасль стала заложником циклов «подъема и краха» и полной зависимости от состояния добываемого биоресурса.

Технологический рывок в промышленном рыболовстве Кубы был целиком обеспечен помощью СССР (поставки судов и оборудования, реконструкция портов, совместные исследования), что позволило нарастить вылов с 20 тыс. т в начале 1960-х гг. до 100 тыс. т в 1970 г., до 240 тыс. т. в 1982 г [32, с. 122]. Распад СССР в 1991 г. вызвал острейший кризис, вынудивший Кубу проводить политику «жесткой экономии» [33], что привело к массовому сокращению рыболовного флота и, соответственно, уловов. Модель оказалась неустойчивой без внешнего донора.

Развитие промышленного рыболовства Мексики связано с вступлением в НАФТА (Североамериканское соглашение о свободной торговле) в 1994 г., открывшее доступ к передовым американским и канадским технологиям, включая современное судовое оборудование, орудия лова, системы навигации (GPS) и холодильные установки [25, с. 194–196]. Мексиканские рыбопродукты получили облегченный доступ на огромные рынки США и Канады. Соглашение способствовало притоку иностранных инвестиций в мексиканскую экономику, включая сектор переработки морепродуктов. Пример Мексики – это пример стратегии модернизации отрасли через интеграцию в региональную экономику и использование возможностей международной торговли, в отличие от, например, Кубы, которая полагалась на двустороннюю помощь в рамках политического союза с СССР.

Советская, а затем российская траектория технологической модернизации промышленного рыболовства – это путь мобилизационной экономики, достигшей пика своего могущества в 1970–1980 гг. и столкнувшейся с фундаментальной несбалансированностью своей модели [13, с. 203–204].

В послевоенные годы СССР совершил беспрецедентный технологический рывок, сделав ставку на создание крупнотоннажного флота, способного вести автономный промысел в любой точке Мирового океана [11, с. 276–282]. Суда класса БМРТ (Большой морозильный рыболовный траулер) стали плавучими комбинатами. Они были оснащены мощными дизель-генераторами, рефрижераторными установками, консервными и рыбомучными линиями. Электрификация и автоматизация производственных процессов на борту были на высочайшем уровне.

К 1970-м гг. советский флот стал самым многочисленным в мире по количеству крупнотоннажных судов и работал от Антарктики до Центральной Атлантики [18, с. 106]. Это была демонстрация не столько хозяйственного, сколько геополитического присутствия.

Управление этой гигантской системой осуществлялось в логике плановой экономики, где достижение искусственно сформулированных «валовых» показателей было главным критерием успеха отрасли. Это стимулировало экстенсивный рост и часто приводило к бесхозяйственности и гигантским потерям на пути от вылова до прилавка. Хотя научные институты (ВНИРО и др.) проводили масштабные исследования, их рекомендации по сохранению запасов часто игнорировались ради выполнения плана по вылову [13, с. 204].

В отличие от Японии, СССР не был застигнут врасплох введением ИЭЗ. Обладая собственной огромной ИЭЗ и мощью, он активно заключал двусторонние соглашения с развивающимися странами (Маврикием, Марокко, Панамой, Цейлоном, Анголой, Кубой), получая доступ к их ресурсам в обмен на экономическую и техническую помощь [18, с. 109–110]. Однако модель оставалась ресурсно-ориентированной и затратной.

Распад СССР и переход к рыночной экономике обнажили все системные проблемы действующей модели промышленного рыболовства. Многие современные суда были потеряны, проданы или простаивали из-за отсутствия средств на топливо и ремонт. Единая система управления распалась. Вылов в 1990-е гг. упал в 3,5 раза [34, с. 235–236]. Произошел вынужденный переход от океанического промысла к прибрежному и добыче в российской ИЭЗ.

Советский Союз создал технологический шедевр – глобальный океанический флот, но не создал эффективной, сбалансированной и экономически целесообразной модели его эксплуатации. К концу XX в. Россия унаследовала обломки этой системы, столкнувшись с необходимостью выстраивать рыболовство заново, уже на принципах рыночной экономики и устойчивого управления.

Заключение

Проведенное сравнительное исследование технологического развития промышленного рыболовства в XIX–XX вв. позволяет сделать ряд фундаментальных выводов, которые пересматривают традиционный технократический взгляд на прогресс в отрасли. Анализ национальных моделей показал, что технология была не главным двигателем, а скорее инструментом, эффективность которого всецело определялась качеством институтов, ею управлявших.

На первом этапе (начало XIX в. – 1945 г.) казалось, что путь развития предопределен технологиями: тот, кто строил более мощные суда и оснащал их электрическими лебедками и холодильными установками, получал преимущество. Однако уже тогда закладывались фундаментальные различия.

В Японии, США и СССР технологии служили внешним, часто непромысловым целям: военной экспансии, рыночной выгоде или мобилизационной индустриализации. Рыболовство было средством для достижения других, более приоритетных для государства задач.

В Норвегии и Германии технологии с самого начала развивались в рамках отраслевой или экспортной логики, что закладывало основу для будущей специализации: Норвегия – в управлении и диверсификации, Германия – в инжиниринге и судостроении.

Таким образом, к 1945 г. мировое промышленное рыболовство подошло с дивергентными технологическими культурами.

Во второй половине XX в. на первый план вышла способность национальных институтов адаптироваться к глобальным вызовам, главным из которых стало исчерпание модели открытого доступа к ресурсам. Массовое установление 200-мильных ИЭЗ стало тем «естественным экспериментом», который показал уязвимость прежних моделей. Это был системный шок, переориентировавший саму цель технологического развития.

Экстенсивные модели (Япония, СССР) потерпели стратегическое поражение. Их гигантские, технологически совершенные плавучие рыбозаводы оказались нерентабельными. Япония была вынуждена перейти к наукоемкому, но менее масштабному промыслу, а СССР не смог адаптировать свою плановую модель с доминирующей «валовой» стратегией к новым реалиям, что предопределило ее последующий коллапс.

Модели, основанные на сильных внутренних институтах (Норвегия, США), не просто выжили, а упрочили свои позиции. Для них ИЭЗ стала не барьером, а активом. Их ключевым технологическим прорывом стало создание не новых орудий лова, а систем контроля, мониторинга и научной оценки запасов. Технологии стали обслуживать не добычу, а управление.

Технологическое развитие без институциональной основы вело к краху. Ярким примером здесь является сравнение траекторий Перу и Норвегии. Обе страны совершили технологический рывок для эксплуатации пелагических видов (анчоус, сельдь/скумбрия). Перу, обладая колоссальным ресурсом, сделала ставку на мощь флота, но не создала институтов для его защиты. Результатом стала катастрофа 1972 г. и хроническая цикличность подъемов и крахов отрасли. Норвегия подчинила технологии диктату науки и жесткого государственного регулирования. Результатом стал устойчивый рост, промысловая диверсификация, развитие аквакультуры и как итог мировое лидерство в отрасли.

Аналогично, кризис немецкого и кубинского рыболовства показал, что зависимость от внешних ресурсов (в случае Германии – экспорт технологий, в случае Кубы – технологическая и финансовая подпитка извне) делает отрасль крайне уязвимой к изменениям геополитической и экономической конъюнктуры.

К 2000 г. сформировалась новая, иерархическая парадигма успеха в глобальном рыболовстве, где технологическое лидерство является следствием лидерства институционального.

Институциональные лидеры (Норвегия, США) создали адаптивные, науко-ориентированные системы управления, которые генерируют спрос на самые передовые технологии (от спутникового мониторинга до селективных орудий лова). Их цель – устойчивая рентабельность.

Технологические интеграторы (Мексика) продемонстрировали, что технологическая модернизация отрасли возможна через встраивание в международные торговые и технологические альянсы.

Технологические доноры (Германия) подтвердили, что можно быть лидером в создании орудий промысла, не имея значимой собственной добывающей отрасли.

Россия и Япония столкнулись с необходимостью глубокой перестройки своих отраслей, поиска новой идентичности и преодоления наследия экстенсивных моделей.

Таким образом, итогом двухвекового технологического развития промышленного рыболовства стал не триумф технологий, а триумф управленческих решений. Самые совершенные траулеры оказались бессильны перед лицом плохо проработанной политики квот, а скромные сейнеры, работающие в рамках продуманного регулирования, показали высочайшую эффективность. Очевидно, что долгосрочный успех в технологическом развитии промышленного рыболовства определяется не столько мощностью двигательной установки или тоннажем флота, сколько качеством институтов, способных гармонизировать технологические инновации с задачами устойчивого управления биоресурсами в меняющемся правовом и экологическом поле. Это урок, который остается актуальным и сегодня, когда новые технологические волны (искусственный интеллект, «интернет вещей» и др.) вновь ставят вопрос не «что мы можем добыть?», а «как мы хотим управлять нашими морскими богатствами для будущих поколений?» Ответ на него лежит не в сфере инженерии, а в сфере политической воли, экономической мудрости и качества государственных институтов.

Список источников

1. Holm P. The Dynamics of institutionalization: transformation processes in Norwegian fisheries // Administrative Science Quarterly. Vol. 40, No. 3 (Sep., 1995). P. 398–422.

2. Вешняков В. И. Рыболовство и законодательство. Санкт-Петербург, 1894. 780 с.

3. Кузнецов И. Д. Очерк русского рыболовства (промысел различных водяных животных). Санкт-Петербург: типография В. Киршбаума, 1902. 128 с.

4. Bolster J. et al. Shifting baselines: the past and the future of ocean fisheries. Island Press, 2012. 293 p.

5. Hudson M. J. Globalization and the historical evolution of Japanese fisheries. In: Cassidy, J., Ponkratova, I., Fitzhugh, B. (eds) Maritime prehistory of Northeast Asia // The Archaeology of Asia-Pacific Navigation. 2022. Vol. 6. Springer, Singapore. P. 97–122.

6. Юдина Т. В. Власть и иностранные предприниматели в советской экономике 1920–1940-х гг.: взаимоотношения, противоречия, результаты // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4. История. Регионоведение. Международные отношения. 2019. Т. 24, № 5. С. 100–110.

7. Русско-японская рыболовная конвенция 1907 года [Электронный ресурс]. URL: https://doc20vek.ru/node/3598 (дата обращения : 10.10.2025).

8. Курмазов А. А. Российско-японские рыболовные отношения в конце XIX – начале XX в. // Известия ТИНРО. 2005. Т. 142. С. 391–402.

9. Кошкарева С. Г. Концессионная деятельность японских рыбопромышленников на Камчатке в 1907–1945 гг. // Вестник КРАУНЦ. Гуманитарные науки. 2015. № 2(26). С. 8–13.

10. Hannesson R., Salvanes K. G., Squires D. Technological change and the tragedy of the commons: the Lofoten fishery over 130 years // Land Economics. 2010. Vol. 86, No. 4. P. 746–765.

11. Шигин В. Сталин и морской флот СССР. М. : Изд-во ИП Каланов, 2020. 255 с.

12. Smith T. D. Scaling fisheries: the science of measuring the effects of fishing 1855–1955. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1994. 392 p.

13. Шестак О. И. Трансформация системы управления рыбохозяйственной отраслью России в динамике за 100 лет: решения, результаты, последствия // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 191–209.

14. Шестак О. И., Образцова Е. Ю. Зарождение и эволюция советской системы государственного управления рыбным хозяйством: 1917–1940 гг. // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы VI Национальной научно-технической конференции. Владивосток, 2023. С. 414–423.

15. Martin I. Bowpickers // Oregon Encyclopedia: a project of the Oregon Historical Society [Электронный ресурс]. URL: https://www.oregonencyclopedia.org/articles/bowpickers/ (дата обращения : 14.10.2025).

16. Todd D. The world shipbuilding industry. Routledge Library Editions. NY, 2017. 376 p.

17. Peck Nick. The fishing industry and the environment in Japan // The fishing industry in Japan. Environmental Studies. 2015. 48 p.

18. Янышев, Нестерова И. Советский рыболовный флот и внешняя политика СССР в 1960–1970-е гг. // Вестник РУДН. Серия: История России». 2014. № 3. С. 102–115.

19. Barber W. E., Taylor J. N. The importance of goals, objectives, and values in the fisheries management process and organization: a review // North American Journal of Fisheries Management. 1990. Vol. 10, No. 4. P. 365–373.

20. Павлов А. С. Морские суда СССР, 1945–1991: список-исследование. Ч. I: Суда, построенные в СССР. Якутск : Ахсаан, 2011. 328 с.

21. Павлов А. С. Морские суда СССР, 1945–1991: список-исследование. Ч. 2: Суда иностранной постройки. Якутск: Ахсаан, 2012. 440 с.

22. Sahrhage D., Lundbeck J. A history of fishing. Springer Science & Business Media, 2012. 347 pp.

23. Idyll C.P. The anchovy crisis // Scientific American. Vol. 228, No. 6 (June 1973). P. 22–29.

24. Зиланов В. К., Борисов В. М., Лука Г. И. Рыбное хозяйство Норвегии. М. : Изд-во ВНИРО, 2017. 296 с.

25. Thorpe A., Ibarra A. A., Reid C. The new economic model and marine fisheries development in Latin America // World development. 2000. Vol. 28, No. 9. P. 1689–1702.

26. Prado J., Drew S. Research and development in fishing technology in Latin America. FAO Fisheries Circular. No. 944. Rome, FAO. 1999. 31 p.

27. Ward P., Hindmarsh S. An overview of historical changes in the fishing gear and practices of pelagic longliners, with particular reference to Japan's Pacific fleet // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2007. Vol. 17, No. 4. P. 501–516.

28. FAO. 2024. *ICES–FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour. Report of the 2023 Symposiumon innovations in fishing technologies for sustainable and resilient fisheries, 13-17 February 2023, Kochi, India*. FAO Fisheries and Aquaculture Report, No. 1432. Rome [Электронный ресурс]. URL: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0312en (дата обращения : 18.10.2025).

29. Eigaard O. R., Marchal P., Gislason H., & Rijnsdorp A.D. Technological development and fisheries management // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2014. Vol. 22(2). P. 156–174.

30. *FAO Yearbook*. Fishery and aquaculture statistics [Электронный ресурс] // Food and Agriculture Organization. URL: https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/ (дата обращения : 10.10.2025).

31. Dell'Apa A., Schiavinato L., Rulifson R. A. The Magnuson–Stevens act (1976) and its reauthorizations: Failure or success for the implementation of fishery sustainability and management in the US? // Marine Policy. 2012. Vol. 36, No. 3. P. 673–680.

32. Adams C. Recent changes in management structure and strategies of the Cuban fishing industry // Cuba in Transition. 2000. P. 121–127.

33. Hernández-Catá E. The fall and recovery of the Cuban economy in the 1990s: mirage or reality // Cuba in Transition. 2000. P. 24–39.

34. Шестак О. И., Образцова Е. Ю. К вопросу оценки эффективности государственного управления рыбохозяйственной отраслью России: структурно-функциональный анализ в исторической ретроспективе // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 225–244.

Сведения об авторах

О. И. Шестак – кандидат исторических наук, доцент, старший научный сотрудник научного управления Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета, доцент департамента социально-гуманитарного образования и образовательной политики школы педагогики Дальневосточного федерального университета. SPIN-код: 6136-2133, AuthorID: 153161.

П. А. Демчук – студент группы ЭНб-212 Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственной университета.

Information about the authors

O. I. Shestak – PhD in History, Associate Professor, Senior Researcher of the Scientific Department of the Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor of the Department of Socio-Humanitarian Education and Educational Policy, School of Pedagogy, Far Eastern Federal University, SPIN-code: 6136-2133, AuthorID: 153161.

P. A. Demchuk – Student of the ENb-212 group

Статья поступила в редакцию 28.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 28.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 02.12.2025.

СВЕДЕНИЯ О ЖУРНАЛЕ

Научный журнал «Научные труды Дальрыбвтуза» издается с 1996 года.

Тематика статей, публикуемых в журнале, соответствует следующим отраслям науки:

2.5.20 Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные) (Рубрика «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)»)

4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (Рубрика «Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство»)

4.3.3 Пищевые системы (Рубрика «Пищевые системы»)

4.3.5 Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ (Рубрика «Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ»)

5.6.1 Отечественная история (Рубрика «Вопросы истории становления и развития рыбохозяйственной отрасли»)

Журнал «Научные труды Дальрыбвтуза» с 15.04.2024 включен 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 по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки, по которым присуждаются ученые степени:

2.5.20. Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные) (технические науки),

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки),

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки),

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (технические науки),

4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Статьи в научном журнале «Научные труды Дальрыбвтуза» публикуются бесплатно.

При цитировании и копировании публикаций ссылка в журнал обязательна.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется положениями гл. 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации и рекомендациями Международного комитета по публикационной этике (cope) – http://publicationethics.org/resources/ flowcharts.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и подрисуночные подписи) должен быть от 5 до 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, междустрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические и химические формулы должны набираться одним объектом в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word кеглем 12.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.tiff. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. …). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

В связи с тем, что электронные версии публикаций обрабатываются в специальных программах для размещения в различных электронных библиотечных системах, математические символы, формулы с надстрочными и подстрочными индексами и буквы греческого алфавита в заголовках статей, аннотациях и ключевых словах отображаются некорректно. Убедительная просьба избегать употребления таких символов в указанных частях публикации!

Требования к оформлению статьи приводятся в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7–2021 «СТАТЬИ В ЖУРНАЛАХ И СБОРНИКАХ. Издательское оформление»:

1. Вверху по центру страницы прописными буквами указывается рубрика:

- БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
- ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ
- РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО
- СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

2. Тип статьи – научная статья, обзорная статья, редакционная статья и т.д. указывают в начале статьи отдельной строкой слева.

3. Индекс УДК (слева).

4. Список авторов в формате: «Имя, отчество, фамилия» (полностью) набирается полужирным шрифтом. Если у статьи несколько авторов, то имена авторов приводят в принятой ими последовательности. Сведения о месте работы (учебы), электронные адреса, ORCID авторов указывают после имен авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений [1)]. Если у авторов одно и то же место работы, учебы, то эти сведения приводят один раз. 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 надстрочных цифровых обозначений.

После списка авторов указываются следующие данные:

- полное название учреждения (место работы);
- город, страна;
- адрес электронной почты.

Наименование организации (учреждения), подразделения, где работает автор, приводится без обозначения организационно-правовой формы юридического лица (ФГБОУ ВО, ФГБУН, ОАО и т.д.).

5. Заглавие статьи. Название статьи должно быть кратким (10–12 слов). Заголовок набирают полужирными буквами по центру страницы. Первое слово заглавия статьи приводят с прописной буквы, остальные слова – со строчной буквы (кроме собственных имен, аббревиатур и т.д.). В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных. В конце заглавия точку не ставят

6. Аннотация (не менее 150–250 слов). Перед текстом необходимо поставить слово «аннотация» и выделить его полужирным курсивом.

7. Ключевые слова (словосочетания) должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную, терминологическую область. Не рекомендуется использовать обобщенные и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 3 и больше 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова», набранными полужирным курсивом, и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят.

8. Благодарности. После ключевых слов при необходимости приводят слова благодарности 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.

9. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.01 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (-ов) или других правообладателей и года публикации статьи.

НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ УКАЗЫВАЕТСЯ:

10. Рубрика – по центру прописными буквами:

- BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES
- FOOD SYSTEMS
- FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES
- MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

11. Тип статьи: Origrnal article

12. Заглавие статьи – по центру страницы полужирным шрифтом.

13. Список авторов в формате «Имя, инициал отчества с точкой, фамилия» (Ivan I. Ivanov)

После списка авторов указываются следующие данные:

- полное название учреждения / места работы (Far Eastern State Technical Fisheries University);
- город, страна (Vladivostok, Russia);
- адрес электронной почты.

14. Аннотация (первое слово ***Abstract*** набирается полужирным курсивом).

15. Ключевые слова (первое слово ***Keywords*** набирается полужирным курсивом).

16. Благодарности (первое слово ***Acknowledgments*** набирается полужирным курсивом).

17. ТЕКСТ СТАТЬИ обязательно должен содержать следующие разделы:

- Введение

- Объекты и методы исследований

- Результаты и их обсуждение

- Заключение

18. Список источников. Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «Список источников». В перечень библиографических ссылок включают записи только на ресурсы, которые упомянуты или цитируются в основном тексте статьи. Библиографическую запись составляют по ГОСТ Р 7.0.5. Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи, номер источника указывается в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3] после цитаты.

19. Библиографический список (при наличии) помещают после списка источников с предшествующими словами «Библиографический список». В него включают записи на ресурсы по теме статьи, на которые не даны ссылки, а также записи на произведения лиц, которым посвящена статья. Записи в библиографическом списке нумеруют и располагают в алфавитном или хронологическом порядке.

20. Сведения об авторе (авторах) / Information about the author (authors) – дополнительные сведения об авторе приводят с предшествующими словами **Сведения об авторе (авторах) / Information about the author (authors)** в конце статьи после Списка источников (библиографического списка) на русском и английском языках. Дополнительные сведения об авторе (авторах) могут содержать:

- полное имя, отчество и фамилия,
- ученая степень,
- ученое звание,
- должность (с наименованием организации и подразделения),
- почетное звание;
- членство в организациях и творческих / профессиональных союзах;
- другие, кроме ORCID, идентификационные номера авторов.

21. Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, при необходимости приводится на русском и английском языках в конце статьи после «Информации об авторах». Этим сведениям предшествуют слова «Вклад авторов» (Contributions of the authors) – после фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т.д.)

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 10 версии и выше в формате .docx на флэшносителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc.

2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.

3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза сопроводительное письмо не требуется).

4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати, с гербовой печатью организации (скачать на сайте: https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/ в разделе «Требования к оформлению статей»).

5. Авторское соглашение на публикацию статьи (скачать на сайте: https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/ в разделе «Требования к оформлению статей»).

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 58, № 4. С. 5–8.
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2021. Vol. 58, no 4. P. 5–8.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 123

Чужеродные виды рыб залива Петра Великого

Александр Александрович Иванов[1], Иван Иванович Петров[2]

[1] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

[2] Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Владивосток, Россия

[1] ivanov.aa@dgtru.ru; ORCID: 0000-0000-000-000X

[2] petrovII@mail.ru; ORCID: 0000-0000-000-000X

***Аннотация*.** Приводится информация о времени проникновения чужеродных видов рыб в залив Петра Великого, их половом и возрастном составе. Установлено, что все чужеродные виды рыб акватории залива Петра Великого относятся к короткоцикловым, максимальный возраст не превышает 5 лет. Виды, проникшие в акваторию залива раньше, преимущественно имеют устоявшуюся половозрастную структуру с преобладанием самок или равнозначную, а виды, проникшие в водоем относительно недавно, отличаются преобладанием самцов.

***Ключевые слова*:** гидробионты, чужеродные виды рыб, залив Петра Великого, популяционная структура

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Alien species of fish in the Peter the Great Bay

Aleksandr A. Ivanov[1], Ivan I. Petrov[2]

[1] Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

[2] Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok, Russia

[1] ivanov.aa@dgtru.ru; ORCID: 0000-0000-000-000X

[2] petrovII@mail.ru; ORCID: 0000-0000-000-000X

Abstract. The article presents data on the time of invasion of alien fish species into the Peter the Great Bay, their gender and age structure. It has been found out that all the alien fish species in Peter the Great Bay water area refer to short-cycle ones, their maximum age being no more than 5 years. The species that had invaded the water area earlier predominantly have a settled gender and age structure with the domination of females or the equal correlation; and the species which invaded the water area later are marked by the domination of males.

***Keywords*:** hydrobionts, alien fish species, Peter the Great Bay, population structure

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

1. Алеев Ф. Т., Семенов Д. Ю. Новые данные о нахождении рыб-вселенцев (Gobiidae, Pisces) в Ульяновском и Ундоровском плесах Куйбышевского водохранилища // Природа Симбирского Поволжья: сборник научных трудов. Ульяновск : Изд-во Средневолжского научного центра. 2003. Вып. 4. С. 96–99.

2. Понамарев, Н. М. Эпизоотологический мониторинг заболеваний рыб в озерах Алтайского края / Н. М. Понамарев, Н. В. Тихая // Вестник АГАУ. 2019. № 1(171). С. 132–135.

Сведения об авторах

А. А. Иванов – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры экологии Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета, SPIN-код: 0000-0000.

И. И. Петров – кандидат экономических наук, заведующий лабораторией океанических рыб Тихоокеанского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, AuthorID: 000000.

Information about the authors

A. A. Ivanov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology of the Far Eastern State Technical Fisheries University, SPIN-code: 0000-0000.

I. I. Petrov – PhD in Economics, Head of the Oceanic Fish Laboratory of the Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, AuthorID: 000000.

© Иванов А. А., Петров И. И., 2025

Научное электронное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Научно-практический журнал

№ 4 2025

Том 74

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»
Адрес: Россия, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – Ю. С. Клочков, доктор технических наук

Свидетельство о регистрации СМИ (сетевое издание) Эл. № ФС77-81684
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 6 августа 2021 г.
Сайт: http://nauch-tr.ru

Издание не подлежит маркировке в соответствии с гл. 3, ст. 11, п. 4 ФЗ № 436-ФЗ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»

Редактор Т. В. Ломакина
Макет, обложка Л. А. Харитонова

Дата выхода в свет 10.12.2025.
Формат 60x84/8.

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б