



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

Том 68  
2\ 2024

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ  
И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА  
И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ  
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)



68



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

Том 68  
2\2024

# 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](mailto:nauch-tr@dgtru.ru)  
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

---

## Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. № 2 (т. 68)

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

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

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

### **Редакционная коллегия:**

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

Лисиенко Светлана Владимировна – доктор 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)»*;

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

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



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

Ли Вэй – кандидат биологических наук, профессор, Даляньский океанологический университет, Далянь, Китайская Народная Республика;

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, Социалистическая Республика Вьетнам;

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

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, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), 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;

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



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ</b> .....	6
<i>Пивненко Т. Н., Позднякова Ю. М., Есипенко Р. В.</i> Влияние сонификации на фракционный состав, физико-химические свойства и антиоксидантную активность функциональных гелей из фукусковых водорослей .....	6
<b>ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ</b> .....	19
<i>Баженова Б. А., Лескова С. Ю., Бурханова А. Г., Баймеева Е. И., Гомбоев В. Ц., Шушурихина Е. В.</i> Обогащение природными антиоксидантами белково-липидного комплекса для мясопродуктов.....	19
<i>Валиева Ш. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Рекомбинантный белок: синтез генов и перспективы использования в качестве биологически активного вещества пищевых систем .....	27
<i>Глебова Е. В.</i> Практический опыт организации системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности.....	35
<i>Заяц Е. А., Слуцкая Т. Н.</i> Оценка качества и безопасности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна.....	43
<i>Максимова С. Н., Полещук Д. В., Миргородов А. А.</i> Переработка вторичного крабового сырья: перспективы и риски.....	53
<i>Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В.</i> Оценка протеинового потенциала перспективных сырьевых источников для кормовых целей.....	61
<i>Табакаев А. В., Табакаева О. В., Сытник И. А., Симдянкин А. А.</i> Исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания минтая.....	73
<i>Тимчук Е. Г.</i> Обоснование нового сырья для дымогенерации при производстве копченой рыбной продукции.....	84
<b>РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО</b> .....	93
<i>Иванко Н. С., Лисиенко С. В.</i> Анализ добычи командорского кальмара за 2023 г. ....	93
<i>Лисиенко С.В.</i> Промышленное освоение трески Камчатско-Курильской подзоны с 2020 по 2023 гг. ....	103
<i>Недоступ А. А., Ражев А. О., Суконнов Д. В.</i> Мультифизическое подобие в замкнутой системе «УЗВ – гидробионт».....	111
<i>Сергеева М. М.</i> Анализ динамики ската молоди горбуши р. Лесная (о. Сахалин) в 2020, 2022 гг. ....	121
<i>Сидорова Л. И., Кириллов А. Ф., Ксенофонтов М. М.</i> Размерно-весовые характеристики ленской популяции сибирского осетра <i>Acipenser baerii</i> Brandt, 1869 .....	127
<b>СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)</b> .....	132
<i>Глазюк Д. К.</i> Анализ особенностей рабочего цикла судовых двутопливных малооборотных дизелей .....	132
<i>Руднев Б. И.</i> Низкий уровень подготовки экипажа – предпосылка отказа судового оборудования.....	140

## CONTENTS

---

---

<b>BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....</b>	<b>6</b>
<i>Pivnenko T. N., Pozdnyakova Yu. M., Esipenko R. V.</i> The influence of sonification on the fractional composition, physicochemical properties and antioxidant activity of functional fucus algae gels.....	6
<b>FOOD SYSTEMS .....</b>	<b>19</b>
<i>Bazhenova B. A., Leskova S. Yu., Burkhanova A. G., Baimeeva E. I., Gomboev V. Ts., Shushurikhina E. V.</i> Enrichment of the protein-lipid complex for meat products with natural antioxidants.....	19
<i>Valieva S. S., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> Recombinant protein: gene synthesis and prospects for use as biologically active substances in food systems .....	27
<i>Glebova E. V.</i> Practical experience in organization of traceability system at food industry enterprises .....	35
<i>Zayats E. A., Slutskaya T. N.</i> Assessment of the quality and safety of canned «Sprats in oil» from fish of the Far Eastern basin.....	43
<i>Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Mirgorodov A. A.</i> Processing of crabs secondary raw materials: prospects and risks .....	53
<i>Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Kalinina N. S., Volkov V. V.</i> Assessment of the protein potential of promising raw material sources for feed purposes.....	61
<i>Tabakaev A. V., Tabakaeva O. V., Sytnik I. A., Simdyankin A. A.</i> Investigation of the possibility of using low-temperature salting for pollock salting .....	73
<i>Timchuk E. G.</i> Justification of new raw materials for smoke generation in the production of smoked fish products.....	84
<b>FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES.....</b>	<b>93</b>
<i>Ivanko N. S., Lisienko S. V.</i> Analysis of Berryteuthis magister production in 2023.....	93
<i>Lisienko S. V.</i> Industrial development of cod in the Kamchatka-Kuril subzone from 2020 to 2023 .....	103
<i>Nedostup A. A., Razhev A. O., Sukonnov D. V.</i> Multiphysical similarity in the closed system «RAS – hydrobiont» .....	111
<i>Sergeeva M. M.</i> Analysis of the dynamics of the slope of juvenile pink salmon of the Lesnaya River (Sakhalin Island) in 2020, 2022.....	121
<i>Sidorova L. I., Kirillov A. F., Ksenofontov M. M.</i> Size and weight characteristics of Lena population of <i>Acipenser baerii</i> Brandt, 1869.....	127
<b>MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY).....</b>	<b>132</b>
<i>Glazyk D. K.</i> Analysis of the features of the working cycle of marine dual-fuel low-speed diesels.....	132
<i>Rudnev B. I.</i> Low level of crew training is a prerequisite for ship equipment failure .....	140

## БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Научная статья

УДК 661.12

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-01

EDN: BASXGM

### **Влияние сонификации на фракционный состав, физико-химические свойства и антиоксидантную активность функциональных гелей из фукусовых водорослей**

**Татьяна Николаевна Пивненко<sup>1</sup>, Юлия Михайловна Позднякова<sup>2</sup>,  
Роман Владимирович Есипенко<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> tnpivnenko@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0330-489X>

<sup>2</sup> pozdnyakova.julia@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9078-0850>

<sup>3</sup> azt@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8263-6939>

**Аннотация.** Рассмотрено влияние сонификации функциональных гелеобразных продуктов, полученных из бурой водоросли фукуса исчезающего *Fucus evanescens*, на фракционный состав, физико-химические свойства и антиоксидантную активность. Показано значительное влияние ультразвука на реологические свойства гелей, содержащих фукоидан, связанные с изменением структуры полисахаридов и их комплексов и образование вязких клейстеров. Динамическая вязкость гелей увеличивалась от 65 до 207 раз в зависимости от мощности соницирования. Одновременно наблюдали рост прочности гелей и преобразование полностью эластичного материала в практически полностью вязкий. Перераспределение фукоидана между водорастворимой фракцией и полисахаридными гелями показало, что в водной фракции содержится около 3 % фукоидана по сухой массе, а соницирование гелей позволяет увеличить его содержание от 17 до 24 % от общей массы. Наиболее высокое значение антиоксидантной активности установлено для водорастворимой фракции, что соответствует переходу в нее полифенольных соединений. Обработка ультразвуком позволила повысить антиоксидантную активность гелей от 7 до 64 % при пересчете на сухую массу. Полученные гели соответствуют требованиям концепции природных пищевых волокон с антиоксидантными свойствами и могут быть использованы в пищевых технологиях.

**Ключевые слова:** фукус, фукоидан, ультразвук, антиоксидантная активность, реология

**Для цитирования:** Пивненко Т. Н., Позднякова Ю. М., Есипенко Р. В. Влияние сонификации на фракционный состав, физико-химические свойства и антиоксидантную активность функциональных гелей из фукусовых водорослей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 6–18.



BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Original article

**The influence of sonification on the fractional composition, physicochemical properties and antioxidant activity of functional fucus algae gels**

**Tatyana N. Pivnenko<sup>1</sup>, Yulia M. Pozdnyakova<sup>2</sup>, Roman V. Esipenko<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> tnpivnenko@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0330-489X>

<sup>2</sup> pozdnyakova.julia@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9078-0850>

<sup>3</sup> azt@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8263-6939>

**Abstract.** The effect of sonification of functional gel-like products obtained from the brown algae *Fucus evanescens* on the fractional composition, physico-chemical properties and antioxidant activity was considered. A significant effect of ultrasound on the rheological properties of gels containing fucocyan was shown associated with changes in the structure of polysaccharides and their complexes and the formation of viscous paste. The dynamic viscosity of the gels increased from 65 to 207 times depending on the sonation power. At the same time, an increase of the gels strength and the transformation from a completely elastic material into an almost completely viscous one were observed. The redistribution of fucoidan between the water-soluble fraction and polysaccharide gels showed that the aqueous fraction contains about 3 % fucoidan of dry weight, and the sonification of gels allows to increase its content from 17 to 24 % of the total mass. The highest value of antioxidant activity was established for the water-soluble fraction, which corresponds to the transition of polyphenolic compounds into it. Ultrasound treatment allowed increasing the antioxidant activity of the gels from 7 to 64 % in terms of dry weight. The resulting gels meet the requirements of the concept of natural dietary fibers with antioxidant properties and can be used in food technologies.

**Keywords:** fucus, fucoidan, ultrasound, antioxidant activity, rheology

**For citation:** Pivnenko T. N., Pozdnyakova Yu. M., Esipenko R. V. The influence of sonification on the fractional composition, physicochemical properties and antioxidant activity of functional fucus algae gels. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):6–18. (in Russ.).

### **Введение**

В настоящее время наблюдается рост числа научных исследований в области функционального питания и распространение этих знаний среди населения. Это, в свою очередь, приводит к увеличению потребительского спроса на подобные изделия. Уже выделены определенные категории функциональных ингредиентов, считающихся наиболее эффективными для поддержания физиологических функций организма, их стали называть «суперфудами». Морские водоросли занимают в этом списке одно из первых мест. Изучение химического состава водорослей показало наличие множества биологически активных компонентов разнонаправленного действия, в том числе пищевых волокон. Они могут быть растворимыми и нерастворимыми, образовывать комплексы с низкомолекулярными компонентами, что обеспечивает многообразие их биологических эффектов, а также возможностей применения в пищевом производстве [1, 2].

С недавнего времени в отдельную категорию стали выделять антиоксидантные пищевые волокна (АПВ). При этом антиоксидантная активность (АОА) может быть использована не

только для профилактики заболеваний, но и как важный технологический инструмент при производстве пищевой продукции. Показано их влияние на реологические свойства продуктов, а также увеличение сроков годности [3, 4].

Первоначально использовали измельченные цельные водоросли, в дальнейшем – выделенные и очищенные полисахариды. Наиболее известные из них альгинаты и каррагинаны. С недавнего времени все больший исследовательский интерес привлечен к фукоидану, сульфатированному полисахариду, основным мономером которого является фукоза. Известно также, что фукоидан образует прочные комплексы с веществами полифенольной природы. До сих пор ведутся дискуссии о том, какой из компонентов этих комплексов отвечает за его высокую АОА [5–8].

В научных работах обоснованы способы применения фукоидана для обогащения пищевых продуктов в виде измельченных водорослей или в виде очищенного препарата. Для усиления биологической активности фукоидана используют различные приемы [9]. Большой интерес вызывает использование ультразвука (УЗ) – сонификации. Сонификация влияет на степень полимеризации, разрушение комплексов с сопутствующими компонентами, а также на гелеобразующие свойства. УЗ-обработку используют при выделении фукоидана чаще всего при обработке непосредственно самих водорослей или для деструкции уже очищенного препарата [10–11]. В нашей работе предложено обрабатывать УЗ промежуточный продукт переработки фукуса, а именно гель, полученный после удаления водорастворимых компонентов и последовательной очистки. Установление рациональных параметров сонификации позволит регулировать не только АОА, но и реологические свойства сначала водорослевых гелей, а затем и готовых пищевых изделий с их использованием. Кроме того, полученные данные позволят внести некоторый вклад в дискуссию о компонентах – носителях АОА.

Целью представленной работы явилось изучение влияния сонификации функциональных гелей из фукусовых водорослей, предназначенных для использования в качестве пищевых структурообразователей, на их фракционный состав, физико-химические свойства и антиоксидантную активность.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования служил тонкоизмельченный порошок фукуса исчезающего *Fucus evanescens*.

Для обработки фукуса использовали метод-прототип [12] и модифицированный нами способ с применением УЗ.

Согласно известному способу навеску порошка фукуса промывали в проточной воде при температуре окружающей среды для удаления механических загрязнений и избытка минеральных солей. Затем заливали дистиллированной водой в соотношении 1 : 10 (порошок : вода), экстрагировали в течение 4 ч при температуре  $35 \pm 5$  °С. Экстракт отделяли фильтрованием. Осадок помещали в раствор 2 % HCl, при температуре  $30 \pm 2$  °С выдерживали при перемешивании в течение 2 ч. Соотношение порошок : раствор кислоты – 1 : 10. Осадок отмывали в проточной воде 3–4 раза с настаиванием (20 мин) до pH 5,5–6,0; нагревали в 10 % растворе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при pH 8–9 в течение 2 ч при температуре  $40 \pm 2$  °С. Соотношение порошок : раствор – 1 : 1. На этом этапе было получено 2 продукта – водный экстракт и гель.

Для обоснования способа микронизации полученного геля использовали обработку УЗ с помощью ультразвукового процессора Sonic Vibra Cell модели VCX 130 производства *Sonics & Materials, Inc.*, США. Экспериментально определяли параметры режима УЗ – мощность озвучивания и время обработки. Во избежание перегрева использовали охлаждающую рубашку для поддержания температуры не более 50 °С.

Для оценки дисперсного состава полученных гелей использовали микроскопирование с помощью микроскопа ЛОМО МикМед-5 при увеличении в 20 раз.

Определение содержания фукозы проводили спектрофотометрическим методом по цветной реакции с L-цистеином и серной кислотой. Оптическую плотность полученных растворов замеряли при 393 нм и 430 нм. Для расчета количества фукоидана полученное значение умножали на 2, учитывая условное содержания фукозы в фукоидане, равного 50 % [13].

Антиоксидантную активность в образцах измеряли по поглощению свободных радикалов с использованием 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила (ДФПГ) по модифицированному методу Qwele [14]. Степень обесцвечивания растворов ДФПГ при добавлении образцов определяли спектрофотометрически при 517 нм. В качестве положительного контроля использовали витамин Е ( $\alpha$ -токоферола ацетат). Активность удаления свободных радикалов (ингибирования) ДФПГ, выраженную в процентах, рассчитывали по формуле

$$\text{Степень ингибирования ДФПГ} = [(A_0 - (A - A_э)/A_0) \times 100], \%,$$

где  $A_0$  – оптическая плотность раствора ДФПГ без образца;  $A$  – оптическая плотность образца экстракта с ДФПГ;  $A_э$  – оптическая плотность образца экстракта без ДФПГ.

Вязкость (МПа•с) определяли с помощью ротационного вискозиметра серии NDJ (Laboao, Китай) с использованием ротора № 3 при скорости вращения 60 об/мин.

Для определения реологических показателей использовали текстурометр Брукфильда TexturePro СТЗ, зонд для определения ТА18. Использование данного прибора позволяет измерять следующие показатели:

Прочность, способность продукта воспринимать нагрузку без разрушения и образования остаточной деформации.

Деформация твердости или пластическая деформация, соответствует величине расстояния, на котором начинается необратимая деформация.

Цикл восстановимой деформации или упругая деформация – высота поднятия продукта после снятия сжимающей силы.

Восстановимый рабочий цикл, mJ, соответствует работе, которую выполнил продукт против сжимающей силы после ее удаления, указывает внутреннюю силу связей в продукте.

Сила сцепления или адгезия, г, характеризует способность к прилипанию.

Адгезионная способность, mJ, соответствует прочности соединения двух тел из различных материалов.

Коэффициент упругости характеризует свойства продукта по восстановлению после деформации, при этом значение, равное 1, указывает на полностью эластичный материал, а значение 0 соответствует полностью вязкому материалу.

Для статистического анализа использовали прикладной пакет «Statistica 6». Выборочные параметры, приводимые в таблицах: средняя арифметическая ( $M$ ), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), объем анализируемой подгруппы ( $n$ ). Уровень доверительной вероятности 95 %.

### Результаты и их обсуждение

В качестве исходного сырья был взят тонкоизмельченный порошок фукуса *F. evanescens*. Химический состав порошка представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав тонкоизмельченного порошка фукуса *F. evanescens*, %**

Table 1

**Chemical composition of finely ground fucus powder *F. evanescens*, %**

Вода	Фукоидан	Альгинаты	Ламинаран	Азотсодержащие вещества	Маннит	Минеральные вещества
12,6±1,4	8,4±1,4	29±1,4	3,6±1,4	6±1,4	2±1,4	20±1,4



Как свидетельствуют данные о содержании основных компонентов, содержащихся в исходном сырье, оно может быть источником целого ряда биологически активных веществ. Однако основная задача, поставленная в нашем исследовании, требует использования веществ с максимальным антиоксидантным эффектом. Среди перечисленных в таблице к ним относится именно фукоидан. Второе необходимое условие – это получение продукта в виде геля, способного влиять на реологические свойства формованных пищевых изделий.

Для того чтобы совместить эти качества в одном продукте, был использован метод получения водорослевого геля, содержащего фукоидан. В качестве способа-прототипа было использовано изобретение А. В. Подкорытовой и соавторов [102], в котором предусмотрено получение серии водорастворимых соединений и гелеобразных продуктов из ламинарии и фукуса, содержащих биологически активные соединения. Два основных компонента полученных гелей – фукоидан и альгинат. Для увеличения доли фукоидана и его биологической доступности в гелеобразных продуктах мы предложили использовать обработку УЗ.

Первоначально рассматривали сенсорные и реологические характеристики полученных продуктов и влияние на них режима сонирования. Все образцы гелей были темно-коричневого цвета, различающиеся по вязкости и гомогенности. Образец без обработки УЗ имел неоднородную структуру и с течением времени расслаивался на две фазы. После УЗ-обработки образцы становились более густыми. С увеличением мощности обработки повышалась вязкость и однородность гелей, которые оставались стабильными в течение нескольких суток. Микроскопирование полученных гелей позволило получить следующую картину (рис. 1).

Изменение структуры компонентов бурых водорослей под действием УЗ определяется эффектом кавитации в водной среде, при котором образуются попеременные циклы сжатия и расширения пузырьков. Пузырьки схлопываются с достижением высоких температур (до 1500 °С) и давления (до 50 МПа). Другими факторами, вызывающими деформацию молекул, являются вибрация, образование ударных волн и радикалов из жидкости, в которой растворен материал (например, вода расщепляется на  $H^+$  и  $OH^-$ ) [10].

Наблюдаемые под микроскопом изменения дисперсности и размера частиц геля подтверждают значительное влияние мощности и времени сонирования на эти параметры. Необработанный гель образован конгломератами частиц разного размера неправильной формы. После сонирования наблюдается разрушение крупных конгломератов и образование значительно более однородной дисперсии. При увеличении времени обработки и мощности УЗ происходило нарастание указанных явлений. Повторное появление новых конгломератных структур в обработанных образцах может быть связано с осцилляционными колебаниями кавитационных пузырьков, при схлопывании которых происходили изменения микроструктуры частиц и их обратное связывание. Ранее было показано, что при УЗ-обработке происходило преобразование частиц в препаратах фукоидана от 8 мкм до 80–250 нм, т.е. их переход в нанометровый диапазон, что значительно усилило его биологическую активность [15].

Эффективность УЗ-обработки полимеров зависит от длины полимера, концентрации и типа растворителя, частоты и интенсивности. Как правило, УЗ-обработка разрушает полимерные цепи в центральной точке или местах, которые являются структурно самыми слабыми. Молекулы с высокой молекулярной массой и длинной цепью чаще разрываются в центре, чем более короткие. Линейные полимерные цепи легче поддаются сонолизу по сравнению с разветвленными [10, 15].

Инструментальное измерение динамической вязкости позволило получить результаты, которые хорошо соотносятся с визуальными наблюдениями и микроскопированием (табл. 2).

Полученные результаты показывают значительное влияние УЗ-обработки на вязкость гелей, содержащих фукоидан. Предположительно это связано с тем, что при подобной обработке наблюдается изменение структуры полисахаридов и их комплексов, разрыв водородных связей и гидратация макромолекул, что приводит к образованию вязких клейстеров [8, 16].

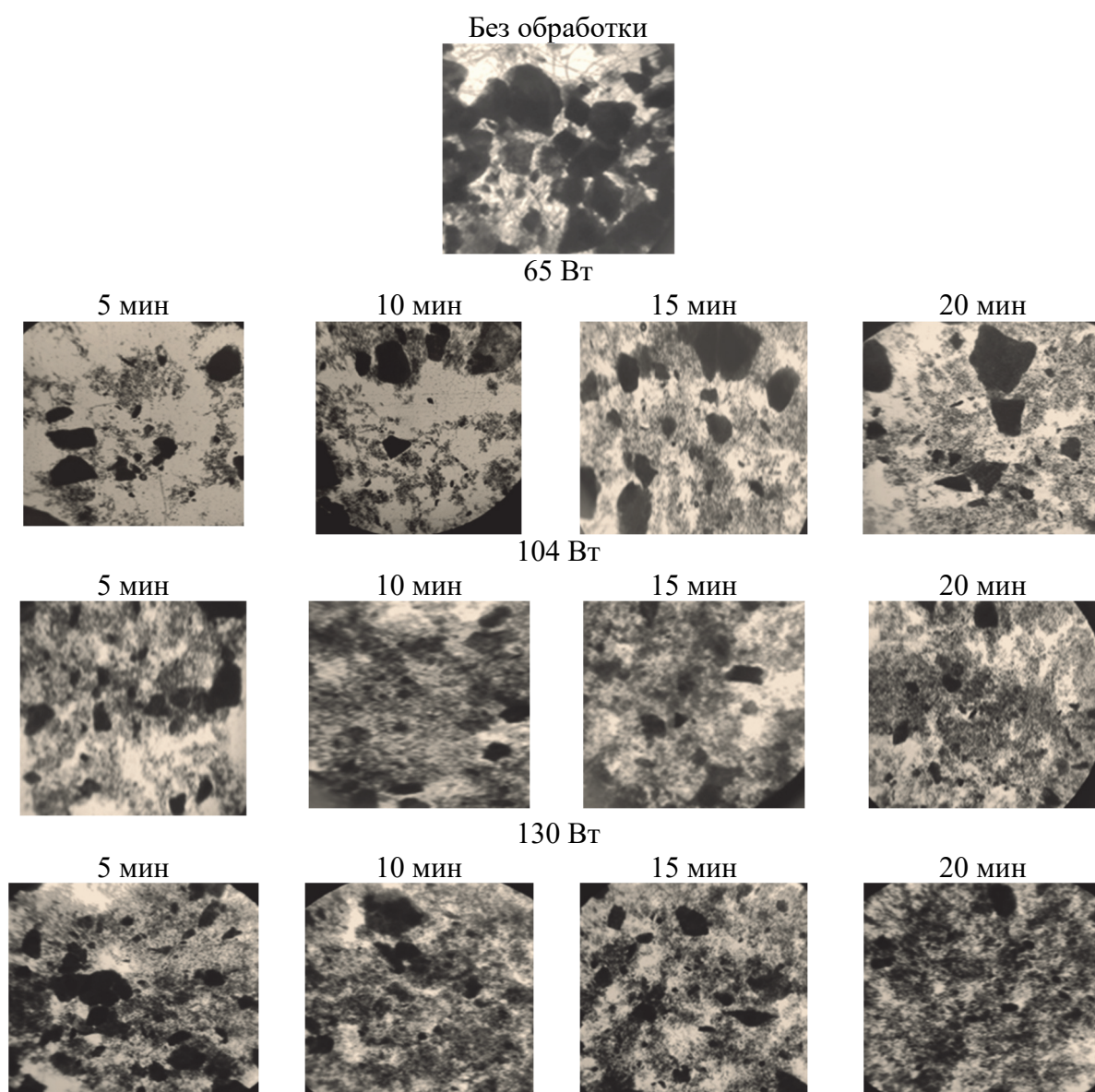


Рис. 1. Изменения дисперсного состава гелей фукоидана при различных режимах УЗ-обработки

Fig. 1. Changes in the dispersed composition of fucoidan gels under different modes of ultrasonic treatment

Таблица 2

**Влияние мощности УЗ-обработки (время 20 мин, частота 20 кГц)  
на динамическую вязкость гелей из фукуса**

Table 2

**The effect of ultrasonic processing power (time 20 min, frequency 20 kHz)  
on the dynamic viscosity of fucus gels**

Мощность, Вт	Вязкость, МПа·с
Без обработки	8,7
65	569,5
104	1574,4
130	1804,2

Увеличение вязкости после УЗ резко возрастает с увеличением мощности, через 20 мин обработки при 65 Вт она увеличивается в 65,5 раза, а при 1–4 Вт – в 181 раз, дальнейшее повышение мощности до 130 Вт/л также приводит к повышению вязкости, но уже менее резко – в 207 раз. Измерение других реологических показателей полученных гелей представлено в табл. 3.

Таблица 3

**Реологические показатели гелей фукоидана после обработки УЗ при различной мощности**

Table 3

**Rheological parameters of fucoidan gels after ultrasound treatment at different capacities**

Показатели	Время обработки при 65 Вт, мин					
	0	3	5	10	15	20
Прочность, г	11,00± 0,53	11,50± 0,49	12,50± 0,60	13,50± 0,77	16,50± 0,76	16,50± 0,81
Деформация твердости, мм	24,99± 3,44	24,73± 2,90	24,92± 4,00	24,82± 3,31	24,87± 3,48	24,87± 2,73
Цикл восстановимой деформации, мм	29,43± 2,24	27,81± 2,31	27,70± 2,45	26,78± 3,00	25,88± 2,45	23,25± 2,26
Восстановимый рабочий цикл, мJ	2,28± 0,14	2,02± 0,07	1,98± 0,06	1,80± 0,04	1,67± 0,03	1,36± 0,04
Сила сцепления, г	1,50± 0,07	2,50± ,08	2,00± 0,07	1,50± 0,06	1,00± 0,04	1,50± 0,07
Адгезивность, мJ	0,010± 0,004	0,062± 0,003	0,073± 0,005	0,110±0,0 10	0,110± 0,009	0,070± 0,004
Коэффициент упругости	1,02± 0,07	0,93± 0,09	0,85± 0,06	0,72± 0,05	0,57± 0,06	0,45± 0,04
Показатели	Время обработки при 104 Вт, мин					
	3	5	10	15	20	
Прочность, г	14,00±0,49	16,00±0,76	18,00±0,70	21,00±0,83	21,50±0,49	
Деформация твердости, мм	24,91±3,22	24,91±3,74	24,92±3,90	24,81±3,73	24,52±3,00	
Цикл восстановимой деформации, мм	25,77±2,36	24,81±2,21	22,70±2,32	21,83±2,42	19,98±2,52	
Восстановимый рабочий цикл, мJ	1,69±0,04	1,51±0,04	1,15±0,06	0,83±0,06	0,55±0,04	
Сила сцепления, г	1,50±0,10	1,00±0,11	2,00±0,08	2,00±0,04	2,50±0,06	
Адгезивность, мJ	0,040±0,005	0,010±0,002	0,063±0,006	0,162±0,005	0,230±0,010	
Коэффициент упругости	0,62±0,04	0,50±0,02	0,34±0,01	0,22±0,01	0,14±0,01	



Окончание табл. 3

Показатели	Время обработки при 130 Вт, мин				
	3	5	10	15	20
Прочность, г	16,50±0,76	20,0±0,77	21,5±0,93	22,5±0,97	22,0±0,99
Деформация твердости, мм	24,66±2,92	24,35±3,65	24,1±3,32	24,91±3,78	24,82±3,02
Цикл восстановимой деформации, мм	25,66±2,65	24,49±2,54	22,03±2,56	20,16±2,32	17,81±2,81
Восстановимый рабочий цикл, мДж	1,66±0,06	1,43±0,05	0,97±0,06	0,62±0,05	0,39±0,04
Сила сцепления, г	1,00±0,05	1,50±0,04	2,00±0,14	2,5±0,04	2,5±0,06
Адгезивность, мДж	0,010±0,003	0,010±0,003	0,110±0,003	0,170±0,022	0,190±0,019
Коэффициент упругости	0,56±0,04	0,42±0,03	0,27±0,05	0,15±0,03	0,10±0,01

Наиболее значительное влияние УЗ-обработка оказала на прочность, адгезивность и упругость гелей. Динамика изменений этих показателей представлена на рис. 2.

Первоначальное нарастание прочности геля прямо пропорционально применяемой мощности и времени обработки. За весь период обработки различия сохранялись для образцов при 65 Вт и более высоких величинах мощности. Но различия между образцами 104 и 130 Вт со временем нивелировались и через 20 мин приобретали практически равные значения. В целом через 15 мин величины прочности выходили на плато без дальнейшего роста.

Коэффициент упругости имел обратную тенденцию изменений, он снижался со временем обработки для всех образцов и наиболее сильно и практически одинаково (в 10 раз) при мощности 104 и 130 Вт. При этом происходило преобразование полностью эластичного материала в практически полностью вязкий.

Адгезионная способность, соответствующая силе притяжения между поверхностями самого продукта и подложки, наиболее существенно возрастала в начале процесса при 65 Вт, но через 10 мин ее рост прекращался. При мощностях 104 и 130 Вт динамика изменений была практически одинаковой, но в первые 10 мин изменения адгезивности были минимальными, а еще через 10 мин обработки они значительно возросли.

Таким образом, УЗ-обработка гелей, содержащих фукоидан, приводит к значительным изменениям их реологических качеств, вызывая нарастание прочности и вязкости, что может в дальнейшем оказывать влияние на качество пищевой продукции, обогащенной этими компонентами.

Для того чтобы оценить биохимический, в том числе антиоксидантный потенциал полученных продуктов, сравнивали содержание в них непосредственно самого фукоидана и АОА (табл. 4). Эти данные также могут быть полезными для участия в дискуссии о том, является ли чистый фукоидан носителем АОА.

Содержание фукоидана в исходном сухом порошке фукуса составило 8,4 %, что соответствует известным литературным данным [12, 17]. Распределение фукоидана между водным экстрактом и концентратом пищевых волокон (гелем) показало, что некоторая часть фукои-

дана переходит в водный раствор, но большая часть остается в остатке, не растворимом в воде. Такое перераспределение наиболее вероятно связано с существованием различных молекулярных фракций, а также с их связями с другими компонентами водорослей, включая альгинаты и полифенольные соединения, такие как флоротаннины, представляющие собой группу соединений, отличающихся структурой и степенью полимеризации. Содержание последних может достигать 10 % от сухой массы фукусовых водорослей [18]. Согласно литературным данным при водной экстракции в раствор переходят до 60 % флоротаннинов с низкой молекулярной массой от димеров до олигомеров, содержащих до 13 мономерных единиц. Также в раствор переходят белки и аминокислоты, легкогидролизуемые полисахариды и минеральные элементы. Нерастворимый остаток содержит преимущественно альгинаты и фукоидан, а также клетчатку и остаточные количества полифенолов.

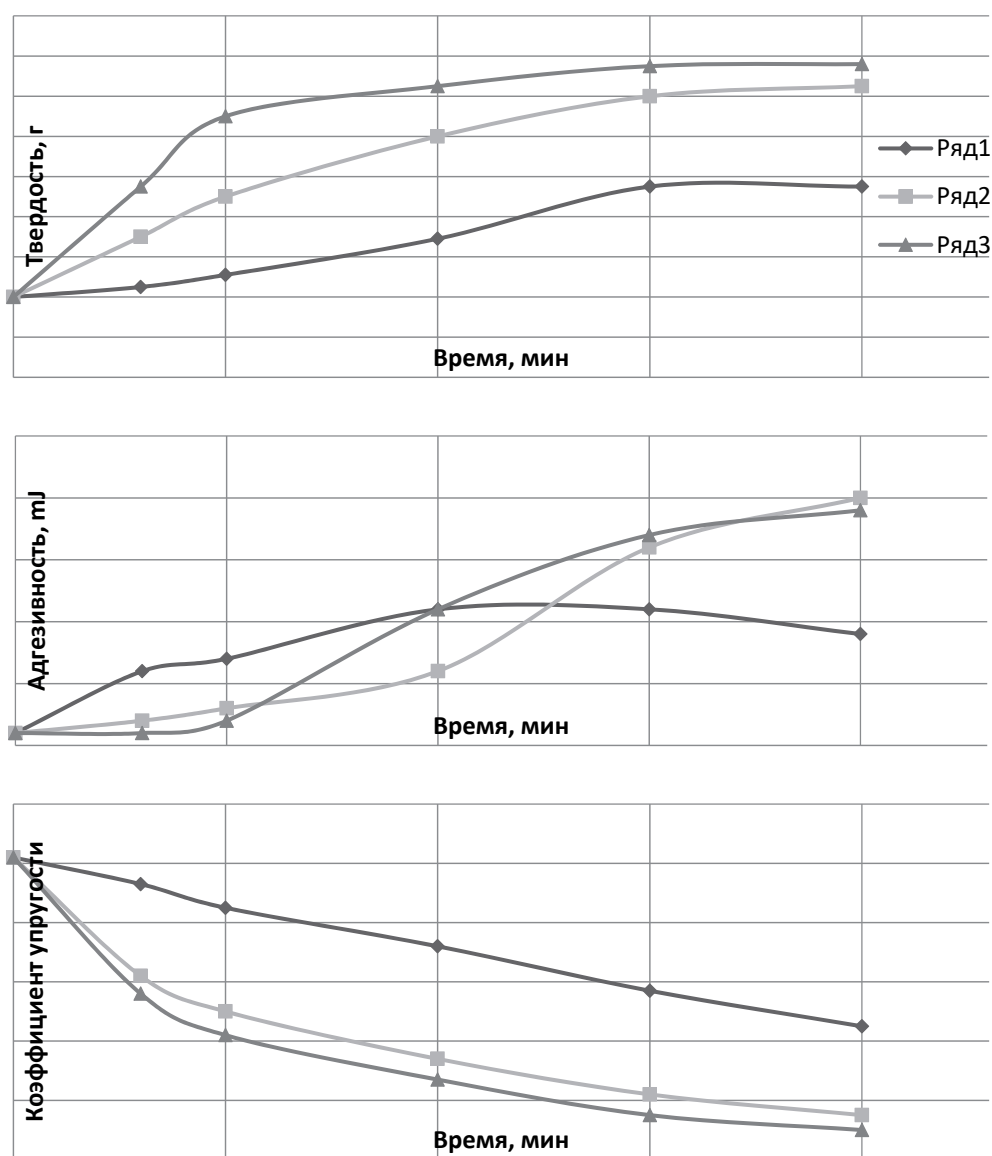


Рис. 2. Влияние времени УЗ-обработки на прочность, адгезивность и упругость гелей фукоидана. Ряд 1 – 65; ряд 2 – 104; ряд 3 – 130 Вт

Fig. 2. The effect of ultrasonic treatment time on the strength, adhesiveness and elasticity of fucoidan gels. Row 1 – 65; row 2 – 104; row 3 – 130 watts

Таблица 4

**Содержание фукоидана в продуктах обработки порошка фукуса  
и их антиоксидантная активность**

Table 4

**Fucoidan content in fucus powder processing products and their antioxidant activity**

Образец	Содержание фукоидана, %	АОА, % общая величина/ пересчет на 1 мг сухих веществ
Фукус порошок	8,4±1,1	45,0±0,4/50,0±0,7
Водный экстракт сублимированный	3,4±0,3	82,3±0,5/91,4±0,8
Гель при различных условиях мощности сонирования, Вт		
Без обработки	16,9±1,2	0,94±0,1/6,8±0,7
УЗ при 65	18,3±0,9	1,22±0,1/11,3±0,8
УЗ при 104	20,0±1,3	4,6±0,23/44,2±2,5
УЗ при 130	23,68±1,7	6,5±0,2/64,7±2,1
Витамин Е	–	79,6±1,7/80,0±0,5

УЗ-обработка гелей после отделения фракции водорастворимых соединений с увеличением ее мощности приводила к последовательному увеличению содержания фукоидана в образующихся гелях.

Согласно концепции природных пищевых волокон с антиоксидантными свойствами (АПВ) их основное свойство – сочетание физиологических эффектов ПВ и антиоксидантов в одном материале. Сравнение проводится с АОА витамина Е ( $\alpha$ -токоферола): 1 г АПВ должен иметь способность к поглощению свободных радикалов (по реакции с ДФПГ), эквивалентную 50 мг витамина Е, а содержание ПВ в препарате должно превышать 50 % содержания по сухой массе [19]. Полученные нами продукты соответствуют этим требованиям по обоим обозначенным показателям с учетом того, что в гелях кроме фукоидана содержатся альгинаты, также относящиеся к разряду пищевых волокон.

АОА исходного порошка фукуса достаточно высока для того, чтобы можно было отнести этот продукт к АПВ, однако его органолептические характеристики не позволяют использовать его в чистом виде как добавку в пищевые продукты.

АОА сублимированного водного экстракта значительно повышается по сравнению с исходным продуктом, что связано с переходом в экстракт низкомолекулярных полифенольных соединений. Согласно литературным данным в водный экстракт переходит от 60 до 90 % общего количества этих компонентов [8, 17, 18]. Однако полученные экстракты не обладают гелеобразной структурой, которая может быть полезна при создании формованных мясных и рыбных изделий.

При определении АОА полученных продуктов использовали гели, содержащие до 15 % сухих веществ и сублимированные водные экстракты. Поэтому для корректного сравнения показателей следует рассчитывать этот показатель с поправкой на содержание сухих ве-

ществ, как это показано в табл. 4. С учетом такой поправки АОА гелей имеет достаточно высокий уровень, хорошо сравнимый с АОА витамина Е.

Содержание фукоидана в гелях постепенно повышалось от 17 до 24 % при увеличении мощности сонирования. Одновременно происходил существенный рост АОА, которая увеличилась в 7–10 раз. Это может быть связано с распадом природных полисахаридных комплексов и разрывом более прочных связей с полифенолами. Известно также, что при сонировании фукоидана происходит снижение его молекулярной массы, а наиболее активными в плане антиоксидантной защиты являются компоненты со средней молекулярной массой [8]. При этом полученные гели имеют такие реологические свойства, которые могут быть полезными для применения в технологии формованных изделий.

Приведенные результаты показывают, что полученные гели соответствуют требованиям концепции природных пищевых волокон с антиоксидантными свойствами. В их состав входит от 18 до 24 % фукоидана, а с учетом альгиновых соединений общее количество ПВ составит не менее 50 %, а величина АОА хорошо соотносится с АОА витамина Е.

Таким образом, предлагаемый способ использования УЗ для обработки гелей, полученных при переработке фукуса, позволяет увеличить в них содержание фукоидана и АОА. Наблюдаемые изменения дисперсного состава гелей фукоидана при различных режимах УЗ-обработки свидетельствуют о разрушении крупных конгломератов, образовании однородной микродисперсной системы и нарастании наблюдаемых явлений с увеличением мощности и времени обработки. Показано значительное влияние мощности УЗ-обработки на реологические свойства гелей, содержащих фукоидан, связанные с изменением структуры полисахаридов и их комплексов, разрыв водородных связей и гидратации макромолекул, приводящих к образованию вязких клейстеров. Резкое увеличение динамической вязкости гелей после обработки УЗ сопровождается ростом их прочности и преобразованием полностью эластичного материала в практически полностью вязкий. Сравнение содержания фукоидана и его перераспределения между водорастворимой фракцией и полисахаридными гелями показало, что в водной фракции содержится около 3 % фукоидана, а в сонированных гелях от 17 до 24 %. При этом наиболее высокое значение АОА имеет водорастворимая фракция, содержащая полифенольные соединения. Обработка УЗ позволила повысить АОА гелей от 7 до 64 %. Полученные гели соответствуют требованиям концепции природных пищевых волокон с антиоксидантными свойствами и предлагаются для использования в пищевой промышленности.

### Список источников

1. Rodriguez R., Jimenez A., Fernandez-Bolanos J., Guillen R., Heredia A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients // *Trends in Food Science and Technology*. 2006. Vol. 17. P. 3–15.
2. Пивненко Т. Н. Функциональные свойства пищевых волокон и их применение в технологии рыбной продукции // *Пищевые системы*. 2023. Т. 6(2). С. 233–244. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-233-244>.
3. Eskicioglu V., Kamiloglu S., Nilufer-Erdil D. Antioxidant dietary fibres: Potential functional food ingredients from plant processing by-products // *Czech J. Food Sci.* 2015. Vol. 33. P. 487–499.
4. Moreno H. M., Herranz B., Pérez-Mateos M., Sánchez-Alonso I., Borderías J. A. New alternatives in seafood restructured products // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2014. Vol. 56(2). P. 237–248. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.719942>.
5. Потороко И. Ю., Паймулина А. В., Ускова Д. Г. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции // *Вестник ВГУИТ*. 2017. Т. 79, № 4. С. 143–151. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-4-143-151.

6. Thanh-Sang Voa, Se-Kwon Kim. Fucoidans as a natural bioactive ingredient for functional foods // *Journal of functional foods*. 2013. Vol. 5. P. 16–27.
7. Diaz-Rubio M. E., Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucus vesiculosus* products // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009. Vol. 60(2). P. 3–34.
8. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура, ферментативная трансформация и биологические свойства / Анастюк С. Д., Беседнова Н. Н., Богданович Л. Н. [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2014. 377 с.
9. Fl'orez-Fern'andez N., Balboa E., Dom'inguez M. Extraction and purification of fucoidan from marine sources. In S.-K. Kim (Ed.), *Encyclopedia of marine biotechnology* (pp. 1095–1125). 2020. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch44>.
10. Ogutu F. O., Mu T., Elahi R., Zhang M., Sun H. Ultrasonic modification of selected polysaccharides – Review // *J Food Process Technol*. 2015. Vol. 6. P. 446. doi:10.4172/2157-7110.1000446.
11. Hmelkov A., Zvyagintseva T., Shevchenko N., Rasin A. B., Ermakova, S. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from brown alga *Fucus evanescens*. Structure and biological activity of the new fucoidan fractions // *Journal of Applied Phycology*. 2018. Vol. 30(3). P. 2039–2046. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1342-9>.
12. Патент № 2385654 Российская Федерация, МПК A23L 1/337, A23L 1/0532. Способ переработки морских водорослей и функциональные продукты (варианты). № 2008126415/13, заявл. 01.07.2008; опубл. 10.04.2010 / А. В. Подкорытова, Л. Х. Вафина, Т. А. Игнатова. Бюл. № 10. 8 с.
13. Усов А. И., Смирнова Г. П., Клочкова Н. Г. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки // *Биоорганическая химия*. 2001. Т. 27, № 6. С. 444–448.
14. Qwele K., Hugo A., Oyedemi S. O., Moyo B., Masika P. J., Muchenje V. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves, sunflower cake and grass hay // *Meat Science*. 2013. Vol. 93. P. 455–462.
15. Suprunchuk V. Ultrasonic-treated fucoidan as a promising therapeutic agent // *Polim Med*. 2021. doi:10.17219/pim/143961.
16. Alboofetileh M., Rezaei M., Tabarsa M., You S. G. Ultrasound-assisted extraction of sulfated polysaccharide from *Nizamuddinina zanardinii*: Process optimization, structural characterization, and biological properties // *Journal of Food Process Engineering*. 2018. Vol. 42. Article e12979. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12979>.
17. Аминина Н. М., Вишневецкая Т. И., Гурулева О. Н., Ковековдова Л. Т. Состав и возможности использования бурых водорослей дальневосточных морей // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2007. № 6(136). С. 123–130.
18. Боголицын К. Г., Дружинина А. С., Овчинников Д. В., Паршина А. Э., Шульгина Е. В., Турова П. Н., Ставрианиди А. Н. Полифенолы арктических бурых водорослей: выделение, полимолекулярный состав // *Химия растительного сырья*. 2019. № 4. С. 65–75. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045135.
19. Saura-Calixto F. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998. Vol. 46. P. 4303–4306.

### Сведения об авторах

Т. Н. Пивненко – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Пищевая биотехнология».

Ю. М. Позднякова – кандидат технических наук, директор НИИ инновационных биотехнологий.



Р. В. Есипенко – кандидат технических наук, научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий.

### **Information about the authors**

T. N. Pivnenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Biotechnology.

Yu. M. Pozdnyakova – PhD in Technical Sciences, Director of Research Institute of Innovative Biotechnology.

R. V. Esipenko – PhD in Technical Sciences, Research Assistant of Research Institute of Innovative Biotechnology.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 637.5/615.3

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-02

EDN: CPPOIR

### Обогащение природными антиоксидантами белково-липидного комплекса для мясопродуктов

Баяна Анатольевна Баженова<sup>1</sup>, Светлана Юрьевна Лескова<sup>2</sup>,  
Анастасия Галимзяновна Бурханова<sup>3</sup>, Евгения Игоревна Баймеева<sup>4</sup>,  
Владимир Цыренович Гомбоев<sup>5</sup>, Екатерина Владимировна Шушурихина<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup> bayanab@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7380-5959>

<sup>2</sup> s\_leskova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2938-4752>

<sup>3</sup> nastenka\_bur94@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0000-3404-7002>

<sup>4</sup> priem207@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0003-0074-0762>

<sup>5</sup> vova\_gomboev@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-8203-2497>

<sup>6</sup> e.shushurikhina@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0007-8314-3750>

**Аннотация.** Представлены результаты исследований потенциала антиокислительных свойств экстракта из листьев черники. Черника (*Vaccinium myrtillus*) – невысокий кустарник 20–30 см, активно произрастающий в зоне тайги Забайкальского региона. В пищу применяют плоды, которые имеют синевато-черную окраску, богаты дубильными веществами, антоцианами, танинами и другими веществами. Помимо плодов в качестве лекарственных средств используются листья и побеги черники, которые также содержат различные биологически активные вещества и рекомендуются для использования при болезнях глаз, желудочно-кишечного тракта, сахарном диабете, в геронтологии, при лечении ожогов, стоматитов и т.д. Предложено введение в состав белково-липидного комплекса (БЛК) 5 % экстракта из листьев черники, богатого биологически активными веществами с антиоксидантными свойствами. Такая доза обеспечивает содержание антиоксидантов в количестве 3,72 % и способствует торможению окислительных процессов при хранении БЛК. Термическая обработка незначительно снижает общее количество антиоксидантов в БЛК. Дальнейшее использование БЛК с экстрактом из листьев черники в составе фаршевых мясопродуктов может способствовать торможению окислительных процессов в готовом продукте и способствовать обогащению мясного изделия природными антиоксидантами.

**Ключевые слова:** листья черники, экстракт, суммарное содержание антиоксидантов, белково-липидный комплекс

**Финансовая поддержка:** работа выполнена при поддержке гранта «Молодые ученые ВСГУТУ-2024».

**Для цитирования:** Баженова Б. А., Лескова С. Ю., Бурханова А. Г., Баймеева Е. И., Гомбоев В. Ц., Шушурихина Е. В. Обогащение природными антиоксидантами белково-липидного комплекса для мясопродуктов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 19–26.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Enrichment of the protein-lipid complex for meat products with natural antioxidants

**Bayana A. Bazhenova<sup>1</sup>, Svetlana Yu. Leskova<sup>2</sup>, Anastasia G. Burkhanova<sup>3</sup>,  
Evgeniya I. Baimeeva<sup>4</sup>, Vladimir Ts. Gomboev<sup>5</sup>, Ekaterina V. Shushurikhina<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup> bayanab@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7380-5959>

<sup>2</sup> s\_leskova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2938-4752>

<sup>3</sup> nastenka\_bur94@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0000-3404-7002>

<sup>4</sup> priem207@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0003-0074-0762>

<sup>5</sup> vova\_gomboev@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-8203-2497>

<sup>6</sup> e.shushurikhina@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0007-8314-3750>

**Abstract.** This article presents the results of research on the potential of antioxidant properties of blueberry leaf extract (*vaccinium myrtillus*), which grows in the Trans-Baikal region. Blueberry (*vaccinium myrtillus*) is a low shrub 20-30 cm, actively growing in the taiga zone of the Trans-Baikal region. Fruits that have a bluish-black color, rich in tannins, anthocyanins, flavonols and other substances are used for food. In addition to fruits, blueberry leaves and shoots are used as medicines, which also contain various biologically active substances and are recommended for use in diseases of the eyes, gastrointestinal tract, diabetes mellitus, in gerontology, in the treatment of burns, stomatitis, etc. The introduction of a 5% extract from blueberry leaves, rich in biologically active substances with antioxidant properties, into the composition of the protein-lipid complex is proposed. This dose provides an antioxidant content of 3,72% and helps to inhibit oxidative processes during storage of the protein-lipid complex. Heat treatment slightly reduces the total amount of antioxidants in the protein-lipid complex. Further use of BLK with extract from blueberry leaves as part of minced meat products can participate in the processes of inhibition of oxidative processes in the finished product and contribute to the enrichment of meat products with natural antioxidants.

**Keywords:** blueberry leaves, extract, total antioxidant content, protein-lipid complex

**Financing Support:** the work was carried out with the support of the grant Young Scientists of VSGUTU-2024.

**For citation:** Bazhenova B. A., Leskova S. Yu., Burkhanova A. G., Baimeeva E. I., Gomboev V. Ts., Shushurikhina E. V. Enrichment of the protein-lipid complex for meat products with natural antioxidants. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):19–26. (in Russ.).

### Введение

Дикорастущее сырье является источником важнейших для человека биологически активных веществ. В Забайкалье произрастает стелящийся кустарник – черника (*Vaccinium myrtillus*). Показано, что плоды черники содержат танины, дубильные вещества, антоцианы и другие вещества [1, 2]. Однако помимо плодов в качестве лекарственных средств используются листья и побеги черники, которые также содержат различные биологически активные

вещества и рекомендуются для использования при болезнях глаз, желудочно-кишечного тракта, сахарном диабете, в геронтологии, при лечении ожогов, стоматитов и т.д. [3].

Листья черники обыкновенной обладают высокой физиологической ценностью из-за наличия биологически активных веществ. В данном растительном сырье обнаружены такие флавоноиды, как рутин, гиперозид, изокверцетин, которые, проявляя антиоксидантные свойства, вместе с другими природными восстановителями (каротиноиды и витамин С) способны регулировать окисление [4].

При исследовании влияния имитированного процесса пищеварения на общее количество полифенолов и антоцианов винограда *Vitis labrusca*, а также их антиоксидантную активность показано, что моделирование желудочно-кишечного транзита вызвало снижение содержания полифенолов и общего количества антоцианов [5].

Применение природных соединений с антиоксидантным действием представляет достаточно большой практический интерес. В работе [6] подтверждена эффективность обогащения продуктов питания антиоксидантами для коррекции прооксидантно-антиоксидантного баланса пищевого рациона у людей.

Авторы статьи [7] исследовали дикорастущие виды рода *Allium* и установили, что эти растения содержат микроэлемент селен, который обладает высокими антиоксидантными свойствами. Показано, что введение его в пищевые продукты будет способствовать повышению иммуномодулирующих свойств организма.

Обоснована целесообразность применения в рецептуре рубленых полуфабрикатов экстракта шалфея [8]. Авторы изучили его влияние на технологические свойства, качество и сроки годности готового продукта. Предложено оптимальное количество экстракта – 0,1 % к массе сырья.

Таким образом, ученые пищевой отрасли показали, что введение в пищевые продукты природных биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами будет способствовать снижению уровня заболеваний организма человека, вызванных окислительным стрессом. Все больше внимания уделяется растительным экстрактам [9], поскольку они в целом признаны безопасными [10].

На основании анализа литературы выявлено, что в составе пищевых продуктов целесообразно использование биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами из растительного сырья, например, настои, отвары и экстракты полезных для здоровья человека растений. Отмечено, что листья черники содержат биологически активные вещества полифенольной природы. Однако не выявлено действие экстракта из листьев черники на динамику окисления липидов. В связи с вышеуказанной целью работы явилось исследование влияния экстракта из листьев черники на динамику окислительных процессов в белково-липидном комплексе, получившим широкое применение в мясной промышленности.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследований служили листья черники, экстракт из высушенных листьев черники, белково-липидный комплекс.

Сбор листьев черники (*Vaccinium myrtillus*) был осуществлен в период 2022 г. в фазу массового цветения в Заиграевском районе на территории Ангирского заповедника Республики Бурятия. Собранные листья черники были отсортированы по размеру и качеству с удалением желтых и поврежденных листьев, промыты водой, высушены при температуре от 22 до 25 °С, упакованы в бумажные пакеты.

Для осуществления процесса экстрагирования высушенные листья черники измельчали, помещали в химические сосуды объемом 100 мл с притертой крышкой, заливали (в соотношении 1 : 8) 40 % водно-спиртовым раствором, который традиционно используется в качестве экстрагента для растительного сырья. Для проведения экстракции содержимое перемешивали и сосуды размещали во встряхивателе (Erap, Польша) в течение 30 мин при комнат-

ной температуре (20–22 °С), 120 кол./мин. После экстрагирования при постоянном перемешивании опытные образцы подвергали воздействию сверхвысокочастотных волн с целью повышения эффективности процесса извлечения биологически активных веществ. Для чего закрытые сосуды с содержимым помещали в микроволновую печь марки Samsung GW712BR (Samsung, Вьетнам) мощностью 850 Вт, продолжительность обработки составила 9–10 мин. Полученные образцы экстракта листьев черники фильтровали через лавсановую ткань и фильтровальную бумагу.

С целью изучения антиоксидантной активности экстракта из листьев черники были подготовлены образцы белково-липидного комплекса (БЛК). В качестве контроля была принята стандартная рецептура БЛК, состоящая из белкового компонента (9 %), воды (45,5 %) и жирового компонента (45,5 %). В качестве белковой составляющей можно использовать белковый изолят или другие белковые препараты, в качестве жирового компонента – животный жир, растительное масло или комбинацию разных видов жира. В опытный образец БЛК вводили разработанный экстракт в количестве от 4 до 10 %.

Органолептическая характеристика экстракта из листьев забайкальской черники проводилась согласно ГОСТ 18078-72.

Интенсивность процессов окисления липидов в БЛК оценивали по величине перекисного числа (ПЧ) по стандартной методике, основанной на реакции взаимодействия продуктов окисления жиров сырья с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа с последующим количественным определением выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом (ГОСТ Р 51487-99).

Кислотность среды определяли потенциометрическим методом.

Содержание водорастворимых витаминов и органических кислот определяли на приборе «Капель-105М» методом капиллярного электрофореза с косвенным детектированием при длине волны 190 нм [11].

В ходе эксперимента определяли суммарное содержание антиоксидантов на приборе «ЦветЯуза-01-АА» с амперометрическим детектированием [12].

Экспериментальные исследования проводились в 3-кратной повторности, статистическую обработку данных проводили с использованием Microsoft Excel.

## Результаты и их обсуждение

Растительное сырье является ценным ресурсом биологически активных веществ, в том числе с антиоксидантными свойствами. Применение фитокомпонентов в технологии пищевых продуктов не только обогащает продукт антиоксидантами, но и способствует торможению процессов окисления.

Анализ местного дикорастущего возобновляемого растительного сырья показал, что высоким содержанием антиоксидантов отличается черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus L.*), а именно ее листья. Были разработаны параметры эффективной экстракции биологически активных веществ, которые представлены в статье [13].

Показатели качества экстракта из листьев черники представлены в табл. 1.

Экстракт обладает высокими органолептическими характеристиками, пищевой ценностью и обогащен антиоксидантами (табл. 1). Было исследовано влияние экстракта листьев черники, содержащего биологически активные вещества с антиокислительными свойствами, на процессы окисления БЛК для дальнейшего его использования в составе фаршевых мясопродуктов. Белково-липидные комплексы традиционно используются в составе мясопродуктов в количестве до 20 % для улучшения функционально-технологических характеристик, повышения выхода и стабильности при хранении готового продукта [14–15]. К тому же предварительное диспергирование экстракта из листьев черники позволит равномерно распределить его по всей массе и будет способствовать повышению его сохранности антиоксидантов.



Таблица 1

**Качественные показатели экстракта из листьев черники**

Table 1

**Qualitative indicators of blueberry leaf extract**

Показатели	Характеристика
Наличие осадка	Жидкость без осадка и посторонних включений
Вкус и запах	Терпкий, слегка травяной, без горечи
Цвет	Насыщенный коричневый
pH	4,17±0,20
Содержание сахаров, %	15,40±0,52
Содержание органических кислот, %	8,40±0,53
Содержание аскорбиновой кислоты, мг%	0,29±0,02
Суммарное содержание антиоксидантов, %	14,42±0,16

В качестве контроля была принята стандартная рецептура БЛК, состоящая из белкового компонента (9 %), воды (45,5 %) и жирового компонента (45,5 %). В качестве белковой составляющей можно использовать белковый изолят или другие белковые препараты, в качестве жирового компонента – животный жир, растительное масло или комбинацию разных видов жира. Рациональную дозу внесения экстракта в состав БЛК определяли исходя из органолептической оценки качества (критериями оценки служили: цвет, запах и консистенция). Были внесены от 4 до 10 % экстракта листьев черники в рецептуру БЛК вместо воды. Анализ органолептических показателей показал, что внесение более 5 % вызывает заметное изменение окраски эмульсии в сторону коричневой, поэтому было принято вносить экстракт в количестве 5 %.

Были проведены исследования химического состава обогащенного белково-липидного комплекса (табл. 2).

Таблица 2

**Химический состав белково-липидного комплекса**

Table 2

**Chemical composition of the protein-lipid complex**

Показатели	Значение	
	БЛК (контроль)	БЛК с экстрактом листьев черники (опыт)
Массовая доля влаги, %	46,5±0,1	46,1±0,2
Массовая доля белка, %	8,9±0,10	8,8±0,10
Массовая доля жира, %	40,8±0,2	40,5±0,1
Массовая доля углеводов, %	3,9±0,10	4,8±0,10
Суммарное содержание антиоксидантов, мг/100 г	81,1±7,2	372,2±11,3
Соотношение белок : жир : влага	1:5,2:4,6	1:5,2:4,6

По содержанию основных компонентов контрольный и опытный образцы белково-липидного комплекса не отличаются и имеют одинаковое соотношение основных компонентов (табл. 2). Установлено более высокое содержание в обогащенном БЛК антиоксидантов (в 4,6 раза) за счет введения экстракта из листьев черники.

Так как экстракт листьев черники имеет высокое содержание веществ с антиоксидантными свойствами, было изучено изменение перекисного числа в БЛК при хранении при температуре 2–4 °С в течение 5 сут по сравнению с контрольным вариантом (рис. 1).

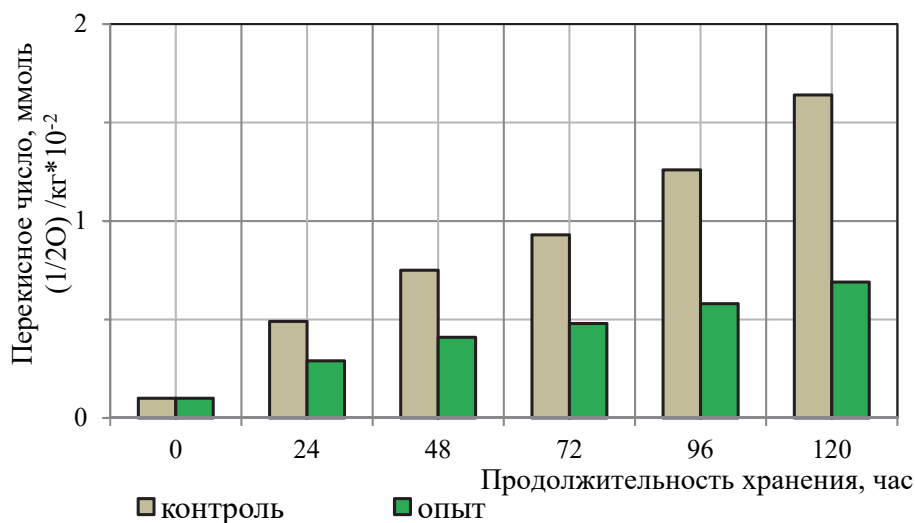


Рис. 1. Динамика перекисного числа в белково-липидном комплексе. Составлено авторами  
 Fig. 1. Dynamics of the peroxide number in the protein-lipid complex

Данные рис. 1 подтверждают, что введение экстракта из листьев черники способствует торможению окислительных процессов в БЛК (норматив – до 10 ммоль акт. кислорода/кг продукта). Процессы окисления имеют характер непрерывной цепной реакции, затормозить которую способны вещества с высокими антиокислительными свойствами, содержащиеся в листьях черники.

Поскольку БЛК предназначен для внесения на стадии составления рецептуры фаршевых мясных изделий, то было изучено суммарное содержание антиоксидантов в белково-липидном комплексе до и после тепловой обработки (рис. 2).

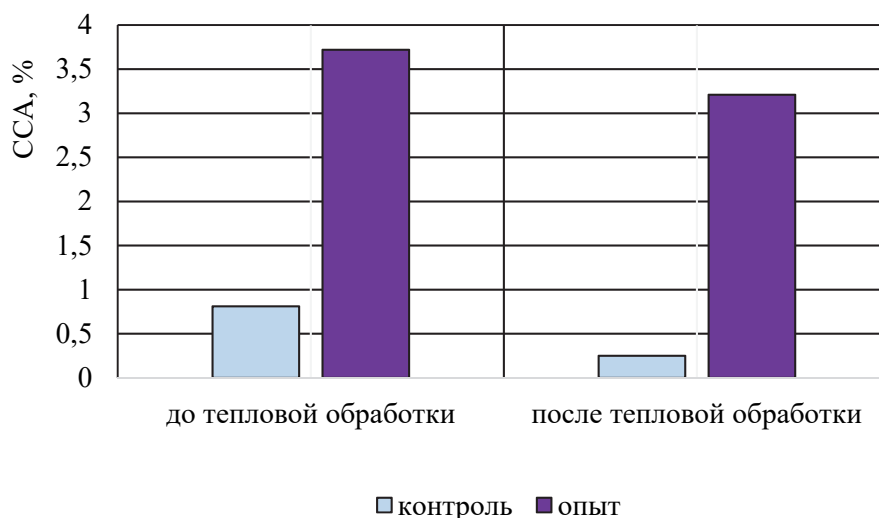


Рис. 2. Суммарное содержание антиоксидантов в процессе тепловой обработки. Составлено авторами  
 Fig. 2. The total content of antioxidants in the heat treatment process

Приведенные на рис. 2 данные наглядно свидетельствуют о том, что в процессе тепловой обработки суммарное содержание антиоксидантов снижается незначительно. Вероятно, это происходит из-за сорбирования биологически активных веществ листьев черники компонентами, входящими в структуру БЛК.

## Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований предложено введение в состав белково-липидного комплекса 5 % экстракта из листьев черники, богатого биологически активными веществами с антиоксидантными свойствами. Такая доза обеспечивает содержание антиоксидантов в количестве 372,2 мг/100 г и способствует торможению окислительных процессов при хранении белково-липидного комплекса. Термическая обработка незначительно снижает общее количество антиоксидантов в белково-липидном комплексе. Дальнейшее использование комплекса с экстрактом из листьев черники в составе фаршевых мясopодуктов будет способствовать процессам торможения окислительной порчи готового продукта и обогащению мясного изделия природными биологически активными веществами.

## Список источников

1. Типсина Н. Н., Яковчик Н. Ю. Исследование черники // Вестник КрасГАУ. Красноярск. 2013. № 11(86). С. 283–285.
2. Белова Е. А., Тритэк В. С., Шульгау З. Т. Изучение фенольных соединений ягод трех видов растений рода *Vaccinium*, произрастающих в Ханты-Мансийском автономном округе // Химия растительного сырья. Барнаул, 2020. № 1. С. 107–116. DOI: 10.14258/jcrpm.2020014534.
3. Куркин В. А., Рязанова Т. К., Петрухина И. К. Черника обыкновенная: современные подходы к стандартизации сырья и созданию лекарственных препаратов. Самара, 2014. 127 с.
4. Баженова Б. А., Жамсаранова С. Д., Замбулаева Н. Д. и др. Пути повышения сохранности природных антиоксидантов в мясных изделиях // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10, № 1(32). С. 84–94. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-1-84-94.
5. Granese T., Cardinale F., Cozzolino A. [et al.] Variation of polyphenols, anthocyanins and antioxidant power in the strawberry grape (*Vitis labrusca*) after simulated gastro-intestinal transit and evaluation of in vitro antimicrobial activity // Food and Nutrition Sciences. 2014. Vol. 5. P. 60–65. DOI: 10.4236/fns.2014.51008.
6. Быков И. М., Басов А. А., Быков М. И., Ханферьян Р. А. Сравнительная оценка антиокислительной активности и содержания прооксидантных факторов у различных групп пищевых продуктов // Вопросы питания. 2014. Т. 83, № 4. С. 75–81.
7. Ширшова Т. И., Бешлей И. В., Голубкина Н. А. и др. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. № 1. С. 68–79.
8. Kausar T., Azad Z., Anwar S., Shahid S., Kausar M. Application of natural antioxidants for the formulation of functional meat products // Neuro Pharmac Journal. 2021. Vol. 12. P. 269–276. DOI: 10.37881/1.636.
9. Цурупа М. А., Боровская Л. В. Методы получения CO<sub>2</sub> экстрактов фитосырья и их применение в рыбной и мясной продукции // The Scientific Heritage. Будапешт. 2021. № 81–2(81). С. 41–43.
10. Бурак Л. Ч. Содержание и значение функциональных продуктов с использованием сока бузины // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 5. С. 41–49. DOI:10.24411/2658-3569-2020-10089.
11. Комарова Н. В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». Санкт-Петербург, 2006. 212 с.
12. Яшин Я. И., Рыжнёв В. Ю., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Природные антиоксиданты – надежная защита человека от опасных болезней и старения. М., 2008. С. 122.
13. Vazhenova V. A., Leskova S. Yu., Dobretsky R. A., Khankhalaeva I. A., Shalbuev D. V., Kong B. Effect of blueberry (*vaccinium myrtillus*) leaves extract, obtained by microwave

heating on the dynamics of animal fat oxidation processes // Theory and Practice of Meat Processing. 2023. Т. 8, № 2. С. 124–131.

14. Баженова Б. А., Данилов М. Б., Забалуева Ю. Ю. Белково-жировая эмульсия для производства функциональных мясопродуктов // Sciences of Europe. 2018. № 33–1(33). С. 23–27.

15. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. 2-е изд. СПб. : Изд-во «ГИОРД», 2005.

### **Информация об авторах**

Б. А. Баженова – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение», SPIN-код: 9246-6785, AuthorID: 598376.

С. Ю. Лескова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение», SPIN-код: 6226-1059, AuthorID: 367415.

А. Г. Бурханова – преподаватель кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение», SPIN-код: 8995-9400, AuthorID: 969037.

Е. И. Баймеева – аспирант кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение», SPIN-код: 1513-6447, AuthorID: 1177010.

В. Ц. Гомбоев – магистрант кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение».

Е. В. Шушурихина – магистрант кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение».

### **Information about the authors**

B. A. Bazhenova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science, SPIN-code: 9246-6785, AuthorID: 598376.

S. Yu. Leskova – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science, SPIN-code: 6226-1059, AuthorID: 367415.

A. G. Burkhanova – Lecturer of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science, SPIN-code: 8995-9400, AuthorID: 969037.

E. I. Baimeeva – Postgraduate student of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science, SPIN-code: 1513-6447, AuthorID: 1177010.

V. Ts. Gomboev – Masters degree student of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science.

E. V. Shushurikhina – Masters degree student of the Department of Technology of Animal Products. Commodity Science.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 31.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 606

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-03

EDN: DBTMTE

### Рекомбинантный белок: синтез генов и перспективы использования в качестве биологически активного вещества пищевых систем

Шолпан Сергеевна Валиева<sup>1</sup>, Сергей Леонидович Тихонов<sup>2,3</sup>,  
Наталья Валерьевна Тихонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> sholpan.v85@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0006-8660-3456>

<sup>2,3</sup> tihonov75@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

<sup>3</sup> tihonov75@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5841-1791>

**Аннотация.** Перспективным научным направлением синтеза белковых молекул является развитие технологии рекомбинантных ДНК. Одним из изучаемых сегодня рекомбинантных белков человека является белок GDF-11. Целью работы является синтез генов, экспрессирующих рекомбинантную ДНК белка GDF-11 в *E. Coli*, и рассмотрение перспектив его использования в качестве БАВ в составе продуктов персонализированного питания. Исследования по синтезу генов проводили в ЗАО «Евроген» (Россия, Москва). Белок GDF-11 кодировали синтетическим геном, оптимизированным для экспрессии в *E. coli*. Последовательности, кодирующие GDF-11, были клонированы в эукариотический экспрессионный вектор pET-25b. Сначала синтезированы олигонуклеотиды, комплементарные либо одной, либо другой цепи гена, перекрывающиеся участками в 20–30 пар оснований. Затем с помощью ДНК-полимеразы были достроены цепи с заполнением промежутков между олигонуклеотидами. На последнем этапе сконструированный ген амплифицировался путем стандартной ПЦР. Получен бактериальный вектор для экспрессии белка GDF-11 в *E. coli*, способствующий высокой экспрессии встроенного трансгена в *E. coli*. Результаты исследований будут способствовать пониманию молекулярных механизмов, лежащих в основе биотрансформации и метаболизма БАВ, что имеет важное значение для разработки безопасных и эффективных действующих начал и продукции персонализированного питания.

**Ключевые слова:** рекомбинантные белки, белок GDF-11, экспрессионный вектор pET-25b, биотрансформация, метаболизм, биологически активные вещества

**Для цитирования:** Валиева Ш. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Рекомбинантный белок: синтез генов и перспективы использования в качестве биологически активного вещества пищевых систем // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 27–34.



## FOOD SYSTEMS

Original article

### Recombinant protein: gene synthesis and prospects for use as biologically active substances in food systems

Sholpan S. Valieva<sup>1</sup>, Sergey L. Tikhonov<sup>2,3</sup>, Natalia V. Tikhonova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> sholpan.v85@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0006-8660-3456>

<sup>2,3</sup> tihonov75@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

<sup>3</sup> tihonov75@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5841-1791>

**Abstract.** A promising scientific direction for the synthesis of protein molecules is the development of the technology of recombinant DNA. One of the recombinant human proteins being studied today is the GDF-11 protein. The aim of the work is to synthesize genes expressing the recombinant DNA of the GDF-11 protein in *E. coli* and to consider the prospects for its use as a dietary supplement in personalized nutrition products. Research on gene synthesis was carried out at Eurogen CJSC (Moscow, Russia). The GDF-11 protein was encoded by a synthetic gene optimized for expression in *E. coli*. Sequences encoding GDF-11 were cloned into the eukaryotic expression vector pET-25b. oligonucleotides complementary to either one or the other chain of the gene, overlapping with sections of 20-30 base pairs, were synthesized. Then, with the help of DNA polymerase, chains were completed to fill the gaps between the oligonucleotides. At the last stage, the constructed gene was amplified by standard PCR. A bacterial vector for the expression of GDF-11 protein in *E. coli* has been obtained, contributing to the high expression of the embedded transgene in *E. coli*. The research results will contribute to understanding the molecular mechanisms underlying the biotransformation and metabolism of BAS, which is important for the development of safe and effective operating principles and personalized nutrition products.

**Keywords:** recombinant proteins, GDF-11 protein, pET-25b expression vector, biotransformation, metabolism, biologically active substances

**For citation:** Valieva S. S., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Recombinant protein: gene synthesis and prospects for use as biologically active substances in food systems. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):27–34. (in Russ.).

#### Введение

В настоящее время дано научное обоснование и экспериментальное подтверждение, что, помимо удовлетворения основных потребностей в пищевых веществах, рациональное питание может играть важную роль в профилактике различных заболеваний и подходит для обеспечения долгосрочной пользы для здоровья. Это связано с тем, что в большинстве случаев пищевое биологически активное соединение оказывает ограниченное воздействие на свою биологическую мишень, и соответствующие и существенные различия достигаются только со временем за счет эффекта систематического потребления биологически активных веществ (БАВ). Следовательно, поиск и создание новых функциональных ингредиентов или БАВ для продуктов специализированного и профилактического назначения остается актуальным научным направлением в пищевой отрасли и соответствует стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (распоряжение Прави-

тельства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р). Исследования в области пищевых технологий, биоинженерии и молекулярной биологии позволяют создавать новые белковые молекулы с пониманием процессов их метаболизма в организме и возможности использования в пищевых системах в качестве функциональных ингредиентов. Перспективным научным направлением синтеза белковых молекул является развитие технологии рекомбинантных ДНК (рДНК) [1], но следует учитывать, что согласно Федеральному закону от 3 июля 2016 г. N 358-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности» в нашей стране разведение генно-модифицированных организмов и продукции с их использованием запрещено. Исключение сделано для кормов животным, безопасность которых подтверждена Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору, а также для проведения научно-исследовательских работ.

Результаты развития направления биосинтеза рекомбинантных белков позволили сформировать библиотеки комплементарной ДНК (кДНК) с целью использования в молекулярном клонировании [2]. Авторы [3] сгенерированные последовательности кДНК использовали для получения рекомбинантных ферментов и других белков путем гетерологичной экспрессии в модельных системах, таких как дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) и *Escherichia coli* (*E. coli*).

Новые достижения в области рекомбинантных технологий белков имеют важное значение для разработки биологически активных веществ белковой природы нового поколения. Примером является клонированный гормон человека – соматостатин, который был успешно синтезирован в *E. coli* с использованием плазмидного вектора pBR322. Это исследование продемонстрировало, что технологии рДНК могут быть использованы для получения функциональных белков человека. Также был получен рекомбинантный человеческий инсулин Genentech под названием Humulin, который получил одобрение в США. Это знаковое достижение в технологии рДНК послужило источником вдохновения для разработки различных биотехнологий, демонстрирующих генную трансформацию таких микроорганизмов, как *E. Coli*, что является надежной стратегией достижения высокой экспрессии белков человека и возможного использования в качестве биологически активных веществ (БАВ) и лекарственных препаратов. В настоящее время в мире выпускается 621 биологически активное вещество, созданное с применением технологий рДНК [4]. Так, коллектив лаборатории [5] разработал новый подход к получению рекомбинантных молекул РНК (БИОРНК) с высокой экспрессией заданных белков в *E. coli* [6]. Эти БИОРНК, синтезированные внутри живых клеток, точно отражают свойства и химические модификации эндогенных микроРНК [5]. Этот подход использовался для создания коллекции микроРНК [7]. Для осуществления клонирования и экспрессии нового белка в *E. coli* авторами использовался вектор pBSTNAV, содержащий ген устойчивости к ампициллину, совместимые сайты *E. coli* и pBR322 ori, сильный промотор липопротеинов и последовательность терминации оперона рибосомальной РНК (rrnC) [8], что было достигнуто путем генной вставки, кодирующей слитую молекулу-переносчик РНК (тРНК)/пре-микроРНК, которая может стабильно экспрессироваться в *E. coli* [9]. В лаборатории [5] разработана надежная биоинженерная платформа, способная производить БИОРНК с высоким выходом рекомбинантного белка с целью изучения генов, регулирующих всасывание, распределение, метаболизм и выведение БАВ и лекарств. Плазмиды, содержащие вставки БИОРНК-мишеней, подтверждены анализами секвенирования и используются для трансформации HST08-компетентной *E.coli* для достижения сверхэкспрессии рРНК [9]. Бактериальная плазида была впервые использована для экспрессии эукариотического гена в *E. Coli* и являлась первым вектором, идентифицированным и оптимизированным с целью экспрессии продуктов рекомбинантных генов. Следует отметить, что в геномах бактериофагов, дрожжей и вирусов также присутствуют компоненты, которые могут быть использованы для осуществления эффективного переноса, клонирования и экспрессии

трансгена в гетерологичной системе. Специализированные векторы, оптимизированные для экспрессии трансгена в желаемом организме-хозяине, называются экспрессионными векторами и часто содержат дополнительные некодирующие последовательности, такие как промоторы, энхансеры и экзоны родительской последовательности, которые улучшают транскрипцию или экспрессию генного продукта [2]. Авторы [3] утверждают, что векторы различаются по своему источнику, размеру, структуре, способности и эффективности репликации, но они должны сохранять несколько ключевых характеристик. Примером является плаزمида pBR322 – один из первых векторов, сконструированных с целью получения и селекции рекомбинантных белков, при этом pBR322 и его производные и до сих пор широко используются в технологиях рДНК [10]. В дополнение к содержанию селекционного маркерного гена подходящий вектор экспрессии также должен быть способен реплицироваться в выбранном организме-хозяине. В плаزمиде и векторах на основе бактериофагов это обеспечивается за счет включения сайта происхождения репликации (*ori*). Сайт *ori* распознается механизмом репликации хозяина, служащим точкой сборки компонентов, участвующих в репликации ДНК. Некоторые сайты *ori* специфичны для определенной бактерии, в то время как другие могут быть распознаны механизмом репликации нескольких видов. Сайт *ori* в плазмиде pBR322 получен из плазмиды ColE1, нативной для *E. coli*, что делает его подходящим выбором для клонирования и экспрессии в этом организме-хозяине. Включение более одного сайта *ori* в клонирующий вектор может обеспечить репликацию среди множества различных видов хозяев, расширяя гибкость векторов для использования в других модельных системах. Сайты *ori* в экспрессирующих векторах часто оптимизированы для более эффективного набора компонентов репликации, причем эти последовательности оказывают существенное влияние на количество копий вектора [3]. Экспрессирующие векторы также должны содержать множество сайтов клонирования, которые служат уникальными локациями для распознавания эндонуклеазами рестрикции, позволяя специфическому расщеплению плазмиды в этих сайтах генерировать линейаризованную двухцепочечную молекулу ДНК. Интересующий трансген расщепляется с использованием тех же рестрикционных ферментов, что делает возможным встраивание гена в плазмиду. Совместимые концы, генерируемые рестрикционным перевариванием, соединяются ДНК-лигазой, создавая рекомбинантный вектор, который может подвергаться репликации с использованием механизмов хозяина [2].

Одним из изучаемых сегодня рекомбинантных белков человека является белок GDF-11, также известный как костный морфогенетический белок-11 (BMP-11). Этот белок принадлежит к суперсемейству трансформирующих факторов роста- $\beta$  (TGF- $\beta$ ) [10]. GDF-11 экспрессируется почти во всех тканях и органах, с самыми высокими уровнями экспрессии в селезенке, почках и головном мозге [11]. В настоящее время роль эндогенного GDF-11 в постнатальной биологии человека является интересной областью, особенно с учетом недавнего сообщения о мультисистемных заболеваниях человека на фоне потери функции GDF-11. Потенциальный профилактический и терапевтический подход с использованием экзогенного GDF-11 находится в стадии активного изучения, и, возможно, в будущем потенциал экзогенного GDF-11 может сыграть важную роль в предупреждении старения организма человека [12].

Исследования с использованием технологий рДНК имеют решающее значение для рационального проектирования БАВ, лекарств, определения доз и прогнозирования эффективности. Полученные данные позволят создать безопасные методы профилактики и лечения, и эти знания будут становиться все более полезными по мере развития фармакогеномного тестирования пациентов и персонализированного питания [13].

В связи с вышеизложенным, целью работы является синтез генов, экспрессирующих рекомбинантную ДНК белка GDF-11 в *E. coli*, и рассмотрение перспектив его использования в качестве БАВ в составе продуктов персонализированного питания.

### Объекты и методы исследований

Последовательность аминокислот белка GDF-11 была взята из базы данных национального центра биотехнологической информации (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/10220#gene-expression>, дата обновления 15 января 2024 г.) Характеристика объекта исследований (белок GDF-11): ген, который кодирует секретлируемый лиганд суперсемейства белков TGF-бета (трансформирующий фактор роста-beta). Лиганды этого семейства связывают различные рецепторы TGF-бета, что приводит к рекрутингу и активации факторов транскрипции семейства SMAD, регулирующие экспрессию генов. Кодированный препропротеин подвергается протеолитическому процессингу с образованием каждой субъединицы связанного с дисульфидом гомодимера. Этот белок играет важную роль в развитии нервной и других систем органов и может регулировать процессы старения. Исследования по синтезу генов проводили в ЗАО «Евроген» (Россия, Москва). Белок GDF-11 кодировали синтетическим геном, оптимизированным для экспрессии в *E. coli*. Последовательности, кодирующие GDF-11, были клонированы в эукариотический экспрессионный вектор pET-25b, генерирующий плазмиду pET-25b(+)\_GDF-11. Нуклеотидную последовательность, кодирующую домен, амплифицировали с использованием праймеров и клонировали в прокариотический экспрессирующий вектор.

### Результаты и их обсуждение

Сначала синтезированы олигонуклеотиды, комплементарные либо одной, либо другой цепи гена, перекрывающиеся участками в 20–30 пар оснований. Затем с помощью ДНК-полимеразы были достроены цепи с заполнением промежутков между олигонуклеотидами. На последнем этапе сконструированный ген амплифицировался путем стандартной ПЦР. Последовательности, кодирующие белок GDF-11, после амплификации обрабатывали эндонуклеазами рестрикции BamHI и XhoI и клонировали в вектор pET25b(+) по сайтам узнавания этих ферментов. Получен бактериальный вектор для экспрессии белка GDF-11 в *E. coli*., способствующий высокой экспрессии встроенного трансгена в *E. coli*. Белок в этих конструкциях будет экспрессироваться в одной рамке с сигналом reLB с N-конца и с C-конца будут HSV tag и HIS tag. Включение промоторов (таблица), совместимых с видом хозяина (*E. coli*), имеет решающее значение для достижения адекватной экспрессии продукта рекомбинантного гена GDF-11. Поэтому нами разработана промоторная последовательность, которая совместима с типом генного продукта, при этом использовали различные промоторы в зависимости от того, является ли рекомбинантный генный продукт белком. GDF-11 является белком. Некоторые специализированные векторы экспрессии были сконструированы с использованием систем с несколькими промоторами, которые направлены на дальнейшее увеличение экспрессии трансгена. Эти системы с промоторами состояли из промоторов, активируемых в одинаковых условиях, а также двух неидентичных промоторов, активируемых на отдельных этапах, чтобы облегчить производственные процессы в биотехнологии экспрессии. Аналогичным образом, включение сильной терминирующей последовательности после промотора и трансгена может усиливать экспрессию и представляет собой важный компонент эффективного вектора. Используемая рекомбинантная технология для создания экспрессирующего вектора позволит эффективно экспрессировать белок в кишечной палочке. Разработанный экспрессирующий вектор способствует высокой очистке рекомбинантного белка. Разработка гена проводилась с учетом организма-хозяина для экспрессии трансгена, что является важным фактором при использовании технологий рДНК, определяющим экспрессию. Так как различные модельные организмы обладают различными характеристиками, которые могут сделать их наиболее подходящими для конкретного применения или генного продукта. Модельные организмы для рекомбинантной экспрессии могут различаться по их продуктивности, способности к постсинтетической модификации (гликозилированию, аце-

тилированию), способности секретировать активные белки и способности экспрессировать специфические генные продукты. В своих исследованиях мы рассматривали различные модельные виды для экспрессии трансгена – бактерии, в частности, *E. coli*, *L. lactis*, *Pseudomonas*, дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) и др. В качестве модели для экспрессии в последующем будем использовать *E. coli*, так как научные достижения, полученные в исследованиях [8], позволили осуществлять гликозилирование белковых продуктов и использовать селективные плазмиды, не содержащие антибиотиков.

### Праймеры для синтеза генов белка GDF-11

#### Primers for the synthesis of GDF-11 protein genes

Название гена	Название праймера	Последовательность праймера, 5'-3'
Последовательность, кодирующая белок GDF-11	GDF 3 F	TGGCCATGGATATCGGAATTAATTCGGATCCAAACTTGGGTC TTGACTGCGATGAACA
	GDF 4 R	GACCGTCAGCGGATAACGACAACAGCGGCTTTCTGAGGAAT GTTTCATCGCAGTCAAGAC
	CGDF 5 F	CCGCTGACGGTCGATTTTCGAAGCGTTCGGCTGGGATTGGATC ATTGCTCCGCGCCGTTAC
	GDF 6 R	GCACTGGCCAGAGCAATAGTTTGTCTTTGTAACGGCGCGGAGC AATG
	GDF 7 F	GCTCTGGCCAGTGCGAGTACATGTTTATGCAGAAATATCCGC ACACCCATTTAG
	GDF 8 R	GGGCCCCGCGCTACAGCGCGGATTGGCCTGCTGTACTAAATGG GTGTGCGGATATT
	GDF 9 F	GCGCGGGCCCCGTGCTGCACACCTACCAAGATGTCGCCCATTA AC
	GDF 10 R	TGTTGTTTGTCAATTAAGTACAGCATGTTAATGGGCGACATC TTGGTAGG
	GDF 11 F	TGCTGTACTTTAATGACAAACAACAGATTATTTATGGTAAGA TCCCAGGGATGGTGGTT
	GDF 12 R	TCGAGACTACATCCGCATCGATCAACCACCATCCCTGGGATC TTA

Полученные плазмиды устойчивы к ампициллину, карбенициллину и родственными антибиотикам.

Используемая технология рДНК в синтезе гена GDF-11 позволяет получать чистый белок для последующего его исследования и разработки БАВ различной функциональной направленности. Рекомбинантные технологии позволят по-новому взглянуть на БАВ и другие продукты, значительно продвинув вперед области применения рекомбинантных белков. Полученные результаты будут способствовать пониманию молекулярных механизмов, лежащих в основе биотрансформации и метаболизма БАВ, что имеет важное значение для разработки безопасных и эффективных действующих начал и продукции персонализированного питания. Экспрессия рекомбинантных белков имеет высокий потенциал для будущих исследований, повышая доступность надежных исследовательских инструментов в дополнение к помощи в разработке новых антител и специфических препаратов-ингибиторов, предоставляя простые средства для экспрессии и очистки конкретных интересующих трансгенов. По-



сколькx рекомбинантные технологии позволяют нам глубже понимать процессы метаболизма БАВ на основе рекомбинантных белков, которые также могут меняться в организме разных людей, и в дальнейшем расширить основы персонализированного питания. Чтобы развить наше понимание регуляции гомеостаза с помощью рекомбинантных белков в исследованиях, была разработана инновационная биоинженерная платформа, способная генерировать десятки миллиграммов чистых рекомбинантных РНК-агентов всего из литра бактериальной культуры. Эти БИОРНК-агенты производятся и перерабатываются внутри живых клеток, служат более точным отображением естественных эндогенных РНК. Эти БИОРНК не требуют дополнительных химических модификаций для поддержания их внутриклеточной стабильности.

### Заключение

В результате исследований синтезированы гены, экспрессирующие рекомбинантную ДНК белка GDF-11 в *E. coli*. Полученные результаты позволят экспрессировать белок и провести исследования биологической активности, безопасности и аллергенности. В дальнейшем с учетом полученных результатов будут рассмотрены возможности использования трансгенного белка в технологии БАВ, которые могут быть эффективно использованы в составе пищевых продуктов профилактического и специализированного назначения направленного действия, но только на научно-исследовательском уровне, так как использование ГМО запрещено законом.

### Список источников

1. Генгерих Ф. П. История роли ферментов цитохрома P450 в токсичности лекарственных средств // Токсикологические исследования. 2020. № 37. С. 1–23.
2. Патил Н., Сиварам А., Модак М. и Ньянит Н. Полное руководство по клонированию генов: от базового до продвинутого, Springer, Cham, Швейцария, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96851-9>.
3. Шох Г. А., Яно Дж. К., Сансен С., Дансетт П. М., Стаут К. Д. и Джонсон Э. Ф. Факторы, определяющие связывание цитохрома P450 с субстратом 2С8: структуры комплексов с монте-лукастом, троглитазоном, фелодипином и 9-цис-ретиноевой кислотой // J Биологическая химия. 2008. 283:17227.
4. Джозеф М. Кронин и Ай-Мин Ю. Рекомбинантные технологии облегчают метаболизм лекарственных средств, фармакокинетику и общие биомедицинские исследования. 2023. Т. 51, N. 6. С. 685–699. doi 10.1124/dmd.122.001008.
5. Ю А. М., Цзянь С., Ю А. Х. и Ту М. Дж. РНК-терапия: правильно ли мы используем молекулы? // Фармакология. 2019. 196:91–104.
6. Liu J., Carlson H. A. и Scott E. E. Структура и характеристики цитохрома P450 8B1 человека позволяют в будущем разрабатывать лекарственные препараты для лечения неалкогольной жировой болезни печени и диабетиков // J Биологическая химия. 2022. 298:102344.
7. Райт Х. К., Батра Н. и Ю. А. Экспрессия и очистка рекомбинантных некодирующих РНК на основе тРНК/пре-микроРНК. Методы Mol Biol. 2323:249–265.
8. Ту М. Дж., Райт Х. К., Батра Н. и Ю. А. (2021) Экспрессия и очистка рекомбинантных некодирующих РНК на основе тРНК/пре-микроРНК. Методы Mol Biol. 2323:249–265.
9. Ли П. С., Ту М. Дж., Хо П. Ю., Батра Н., Тран М. М. Л., Цю Дж. Х., Вун Т., Лара П. Н., Ху Х., Ю А. Х., Ю А. М. Ферментативное получение In vivo гуманизированных некодирующих РНК, несущих полезные микроРНК для таргетной противоопухолевой терапии // Терапевтика. 2021; 11(10):4858–4871. doi:10.7150/verso 56596. <https://www.thno.org/v11p4858.htm>.
10. Накашима М., Тойоно Т., Акаmine А., Джойнер А. Экспрессия фактора роста/дифференцировки 11, нового члена суперсемейства BMP/TGFbeta, в ходе эмбриогенеза мыши. Разработчик мехов. 1999;80:185–9.

11. Чжан Ю., Вэй Ю., Лю Д., Лю Ф., Ли Х., Пан Л., Панг Ю., Чен Д. Роль фактора 11-й дифференциации роста в развитии, физиологии и болезнях. *Цель Онко*. 2017;8:81604–16.

12. Томохиро К., Ричард Т. Ли, GDF-11 как потенциальный кардиальный проангиогенный фактор\*, *JAAC: Основы трансляционной науки*. 2023. Т. 8, вып. 6. С. 636–637, <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2023.04.003>.

13. Сейер М., Дюше А., Нгуен Т. Дж. Т., Ле М., Патель К., Ву Дж., Фам Д., Верник Б., Бюттлер Р., Роосан Д. и др. Клинические последствия комбинаторных фармакогеномных тестов, основанных на выборе варианта цитохрома P450. *Передняя панель*. 2021. 12:71967.

### **Информация об авторах**

Ш. С. Валиева – аспирант.

С. Л. Тихонов – доктор технических наук, профессор, директор НОЦ «Прикладные нанобиотехнологии».

Н. В. Тихонова – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой пищевой инженерии аграрного производства.

### **Information about the authors**

Sh. S. Valieva – Postgraduate student.

S. L. Tikhonov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Research Center «Applied Nanobiotechnology».

N. V. Tikhonova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering of Agricultural Production.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 637.1

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-04

EDN: FACGXN

### **Практический опыт организации системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности**

**Елена Велориевна Глебова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, Glebova.ev@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4366-3819>

**Аннотация.** В соответствии с требованиями пищевого законодательства Российской Федерации предприятия пищевой промышленности должны организовать функционирование системы прослеживаемости в целях обеспечения безопасности пищевой продукции. Организация системы прослеживаемости, как правило, вызывает множество вопросов и проблем, связанных с отсутствием четкого порядка и процедур, потерей или ошибками в записях, отсутствием четкой идентификации сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также отсутствием общего понимания прослеживаемости. Лучшими практиками для предприятий пищевой промышленности в целях функционирования системы прослеживаемости является применение маркировки для обеспечения идентификации, однако для обеспечения прозрачной связи готовой продукции, произведенной предприятием, и партии пошедшего на ее изготовление сырья, а также доказательства легальности использования компонентов пищевой продукции и корректности ее состава на предприятии должна быть разработана система внутренней маркировки в соответствии со спецификой технологических процессов.

**Ключевые слова:** пищевые производства, прослеживаемость, маркировка, идентификация, записи, регистрация данных, журналы регистрации данных

**Для цитирования:** Глебова Е. В. Практический опыт организации системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 35–42.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### **Practical experience in organization of traceability system at food industry enterprises**

**Elena V. Glebova**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, Glebova.ev@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4366-3819>

**Abstract.** In accordance with the requirements of the food legislation of the Russian Federation, food industry enterprises must organize the functioning of the caking system in order to ensure the

safety of food products. The organization of the traceability system usually raises many questions and problems related to the lack of clear order and procedures, loss or errors in records, the absence of a number of identification of raw materials, semi-finished products and finished products, as well as a lack of a comprehensive understanding of traceability. The best practices for food industry enterprises in order to operate the traceability system is the use of labeling to ensure identity, however, in order to ensure a transparent connection between the finished products produced by the enterprise and the batch of raw materials that went to its production, as well as evidence of the use of food components and the correctness of its composition, an internal labeling system should be developed at the enterprise in accordance with the specifics of technological processes.

**Keywords:** food production, traceability, labeling, identification, records, data register, data logs

**For citation:** Glebova E. V. Practical experience in organization of traceability system at food industry enterprises. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):35–42. (in Russ.).

В соответствии с требованиями пищевого законодательства Российской Федерации предприятия пищевой промышленности относятся к группе предприятий высокого риска и должны обеспечить выпуск безопасной для потребителя продукции. Одним из инструментов, обеспечивающих безопасность пищевой продукции, является организация системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности.

Сегодня понятие прослеживаемости встречается во многих документах в области технического регулирования, стандартизации и подтверждения соответствия. Например, требования к наличию на пищевых предприятиях системы прослеживаемости закреплено требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», следовательно, является обязательным, и, как следствие, является объектом при проверке предприятия контрольно-надзорными органами. Технический регламент 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» дает следующее понятие прослеживаемости пищевой продукции. Прослеживаемость – это возможность документально на бумажных или электронных носителях устанавливать изготовителя и последующих собственников находящейся в обращении пищевой продукции, а также место происхождения пищевой продукции и продовольственного сырья [1]. Следовательно, под прослеживаемостью следует подразумевать возможность проследить движение пищевой продукции по всей цепочке ее изготовления, начиная от происхождения сырья, пошедшего на ее изготовление, и заканчивая местом нахождения готовой продукции в торговой точке.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции» установлено, что система прослеживаемости должна быть способна уникальным образом идентифицировать сырье и материалы, поступающие от поставщика, и исходный маршрут распределения конечного продукта [2].

Методические рекомендации МР 5.1.0096-14 «Методические подходы к организации оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП», по которым надзорные органы проводят проверки пищевых предприятий, прослеживаемость определяют как наличие товарно-сопроводительной документации, позволяющей установить изготовителя и последующих собственников пищевой продукции, и место ее происхождения, наличие маркировки, обозначение партий сырья и готовой продукции, документы, регламентирующие отзыв, изъятие и утилизацию несоответствующей нормативной документации продукции и др. [3].

Практический опыт организации системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности позволил выявить основные инструменты системы прослеживаемости, которыми являются маркировка и идентификация, с помощью которых обеспечивается определение сырья, полуфабрикатов и готовой продукции к конкретной партии, а также источники

и состав информации, подлежащие аккумуляции для поддержания эффективного функционирования системы прослеживаемости. На основании полученных данных и их систематизации была разработана структура системы прослеживаемости пищевого предприятия, рис. 1.

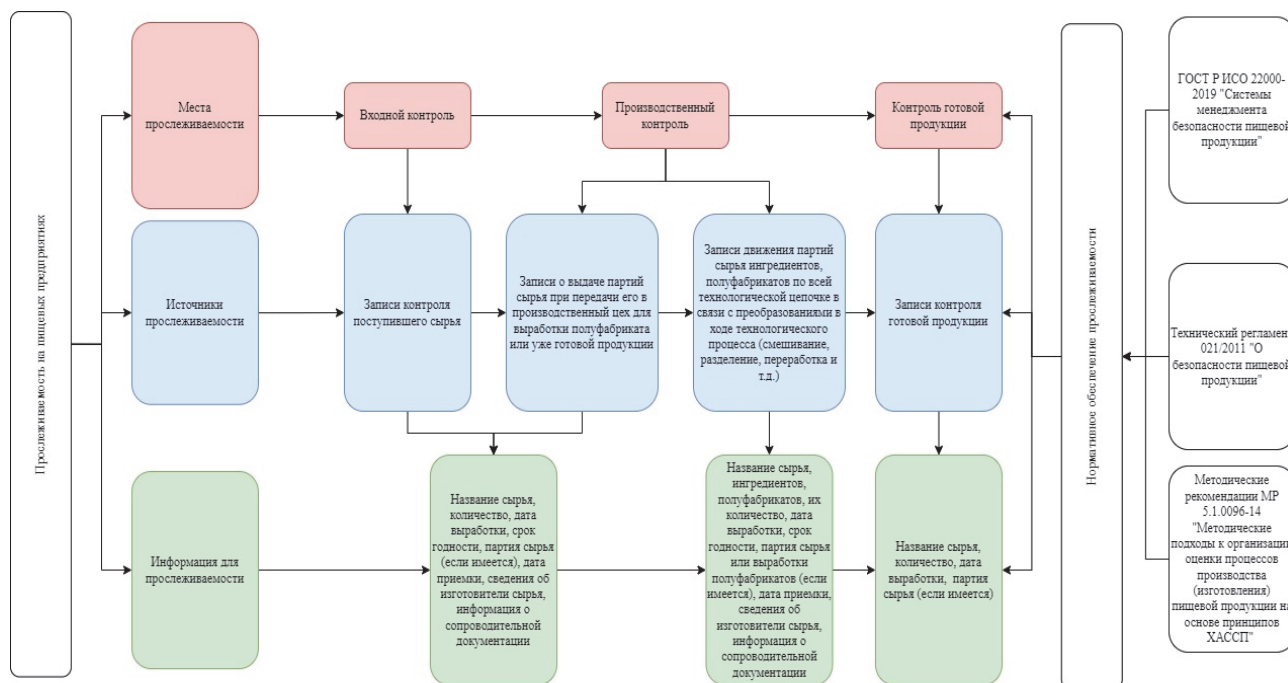


Рис. 1. Структура системы прослеживаемости пищевого предприятия. Составлено автором  
 Fig. 1. Structure of the traceability system of the food enterprise

Анализ структуры системы прослеживаемости, представленной на рис. 1, показал, что источниками прослеживаемости при производстве пищевой продукции являются: «входной контроль», «производственный контроль» и «контроль готовой продукции». В соответствии со спецификой для предложенных мест прослеживаемости были определены источники прослеживаемости, в качестве которых определены «записи», которые могут вестись как на бумажных, так и электронных носителях. Объем и содержание информации, подлежащие фиксации, также приведен на рис. 1 в соответствии с источниками прослеживаемости. Анализ данной информации показывает, что каждый источник прослеживаемости должен учитывать и фиксировать отличную друг от друга информацию, однако эти различия не должны создавать препятствия для идентификации и учета партий продукции, и, во избежание путаницы, следует придерживаться сформулированных ниже рекомендаций по обеспечению эффективного функционирования системы прослеживаемости по всей технологической цепочке.

Полная система прослеживаемости требует ведения записей перемещения партий сырья, ингредиентов, полуфабрикатов по всей цепочке изготовления продукции на предприятии, начиная от входного контроля до отгрузки готовой продукции. В соответствии со структурой системы прослеживаемости, представленной на рис. 1, были сформулированы основные правила функционирования системы прослеживаемости в соответствии с определенными для этого местами, которыми являются виды контроля на этапах технологического процесса.

### Входной контроль

1. На входном контроле необходимо проверить наличие товарно-сопроводительной документации, все разрешительные документы (ветеринарный санитарный документ, декларация соответствия, сертификат о соответствии и т.д.).

2. Каждому поступающему сырью на входном контроле должен быть присвоен уникальный идентификатор, т.е. номер партии сырья, который будет использоваться при всех ее перемещениях, пример формирования номера партии сырья представлен на рис. 2.

3. Обязательное проведение визуального контроля за наличием маркировки, оценкой сроков годности, целостностью упаковки, соответствием продукции спецификации (на все сырье должна быть спецификация, которая составляется предприятием самостоятельно или запрашивается у поставщиков, спецификация прикладывается к договору о поставке и содержит качественные характеристики поставляемого сырья, которые подлежат проверке).

4. Проведение органолептического контроля качества показателей внешнего вида, запаха, цвета, консистенции и т.д.

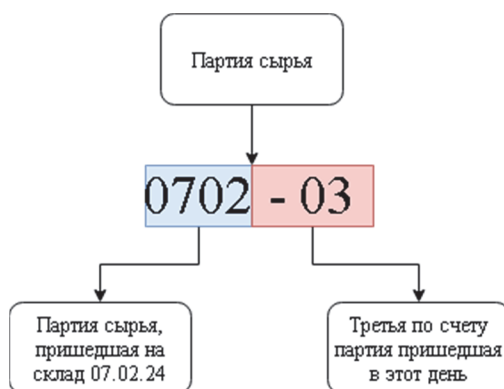


Рис. 2. Формирование номера партии сырья. Составлено автором  
 Fig. 2. Generation of raw material batch number

5. Все данные заносятся в журнал приемки сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов, упаковки и тары. Достоверность внесения записи в журнал должна подтверждаться подписями выдавшего и получившего сырье, полуфабрикаты или продукцию. Формы журналов, применяемые для регистрации данных, полученных при прослеживаемости на этапе входного контроля, зависят от специфики производства, а способ занесения этих данных зависит от степени автоматизации управления производством (журналы на бумажных носителях, электронные журналы, находящиеся в облачном хранилище). Пример журнала для прослеживаемости на входном контроле сырья представлен на рис. 3.

Идентификационный номер (номер партии): _____						
Дата и время начала смены: _____						
№	Принятое сырье	Поставщик/Номер авто	Принятое количество	Срок годности	Номер партии	Примечания
Ответственный _____			Подпись _____			

Рис. 3. Журнал входного контроля сырья  
 Fig. 3. Raw materials incoming inspection log

Однако реализация на практике вышеперечисленных правил может вызывать затруднения, так как в рамках задачи прослеживаемости необходимо обеспечить каждому идентифи-

катору, присвоенному на входном контроле, возможность дальнейшего понимания, как этот идентификатор партии сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов, упаковки и тары будет фиксироваться при преобразованиях в соответствии с технологией производства, т.е. должна быть обеспечена возможность учета объединения одних партий с другими.

Исходя из вышесказанного, становится очевидным, что большую важность имеет выполнение второго правила, целью соблюдения которого является присвоение уникального идентификатора, т.е. номера партии сырья, который будет использоваться при всех ее перемещениях. Следует уточнить, что для пищевого перерабатывающего предприятия под партией подразумевается совокупность единиц продукции, произведенной или обработанной, а также упакованной в одинаковых условиях. Следовательно, при входном контроле партией можно назвать однородную продукцию, поставленную одним поставщиком в соответствии с одним документом. Соответственно сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, упаковка и тара, поступившие в разные дни, по разными документам, от разных поставщиков должны быть идентифицированы разными партиями.

Однако некоторые предприятия идентифицируют поступающее сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, упаковку и тару в соответствии с номером партии, полученным при поставке от поставщика (часто встречается на предприятии общественного питания). В данном случае необходимо обеспечить сохранность этикетки поставщика, в том же случае, если этикетка отсутствует или информация на ней нечитаема, на предприятии необходимо ее заменить своей с нанесенными на ней первоначальными данными, полученными от поставщика. Такой вариант прослеживаемости при входном контроле зачастую труден в реализации, так как поставщик может несколько раз за месяц поставлять сырье одной и той же партии, при этом изменяя места хранения, условия поставки, обращение с продукцией. Соответственно при присвоении партии номера входящего сырья в соответствии с данными поставщика это сделает невозможным идентификацию партии.

Еще одной проблемой в таком варианте идентификации может стать формат номера, присваиваемого входящему сырью поставщиком, так как он не будет соответствовать маркировке, принятой на предприятии в рамках функционирования системы прослеживаемости, что является обязательным при движении сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов, упаковки и тары по технологической цепочке, так как происходит генерирование универсальных кодов на основе номера партии, присвоенной на входном контроле.

### Производственный контроль

1. После идентификации партии входящего сырья необходимо учитывать, когда данная партия была переработана в производстве полуфабрикатов и готовой продукции. При автоматизированной системе управления производством происходит списание номера входящего сырья путем включения в него номера полуфабрикатов или готовой продукции. При отсутствии автоматизированной системы прослеживаемости на предприятии должны быть созданы ярлыки (бирки), на которые заносится вся информация о партии сырья, и которыми маркируются полуфабрикаты или готовая продукция. Также ведется журнал, фиксирующий выдачу сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов, упаковки и тары в производство в соответствии с технологическим процессом. Достоверность внесения записи в журнал должна подтверждаться подписями выдавшего и получившего сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, упаковки и тары. Пример формирования номера партии на производстве и формы журнала выдачи сырья в производство представлены на рис. 4, 5.

2. В зависимости от специфики технологического процесса присвоенные номера партий могут быть изменены. Рассмотрим три варианта осуществления технологического процесса с точки зрения обеспечения функционирования системы прослеживаемости.

Линейная обработка продукта. Это самый простой технологический процесс и самый удобный для присвоения номеров, в качестве примера можно привести операцию технологи-

ческого процесса – созревания рыбы, когда полуфабрикат в течение определенного времени получает свойства созревшей готовой продукции и направляется на следующую технологическую операции в соответствии с нормативной документацией. В данном случае к идентификатору партии сырья присваивается номер готового продукта, и к нему добавляется дата выработки, производитель и получатель продукции.

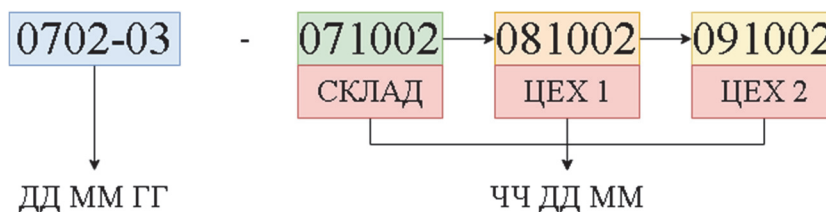


Рис. 4. Формирование номера партии на производстве  
 Fig. 4. Generation of batch number in production

Вид сырья	Идентификационный номер (номер партии) на входе	Взято, кг (шт.)	По времени за сегодня		Дополнительные комментарии
			Старт партии	Финиш партии	
Выдал	Ответственный _____		Подпись _____		
Получил	Ответственный _____		Подпись _____		

Рис. 5. Журнал выдачи сырья в производство  
 Fig. 5. Logbook for issuing raw materials into production

Разделение продукта. Примером данного вида технологического процесса может служить разделение партии сырья, в результате которого образуются различные партии полуфабрикатов в одном и том же цехе, одними и теми же людьми, в ходе одного и того же технологического процесса путем деления. Для идентификации полученных партий полуфабрикатов достаточно к номеру партии сырья добавить номер готового продукта.

Смешивание продукта. Этот процесс наиболее сложный с точки зрения организации системы прослеживаемости, так как в его основе лежит смешивание продукта, например, при производстве рыбных или мясных колбасных изделий могут смешиваться разные виды сырья, добавляться шпик и другие ингредиенты, специи и другие вспомогательные материалы, в таком случае обязательно должен присваиваться новый номер партии сырья.

#### Контроль готовой продукции

Партии готовой продукции также присваивается индивидуальный код, объединяющий в себе всю накопленную информацию в ходе технологического процесса, начиная от поступления сырья в производство. Индивидуальный код наносится на этикетку, транспортную упаковку, транспортную накладную. Наглядно данный процесс формирования этикетки готовой продукции с учетом прослеживаемости в системе «Честный знак» на примере молочной продукции представлен на рис. 6 [4].

Данные по учету готовой продукции также вносятся в журнал учета готовой продукции, возможная форма журнала представлена на рис. 7.



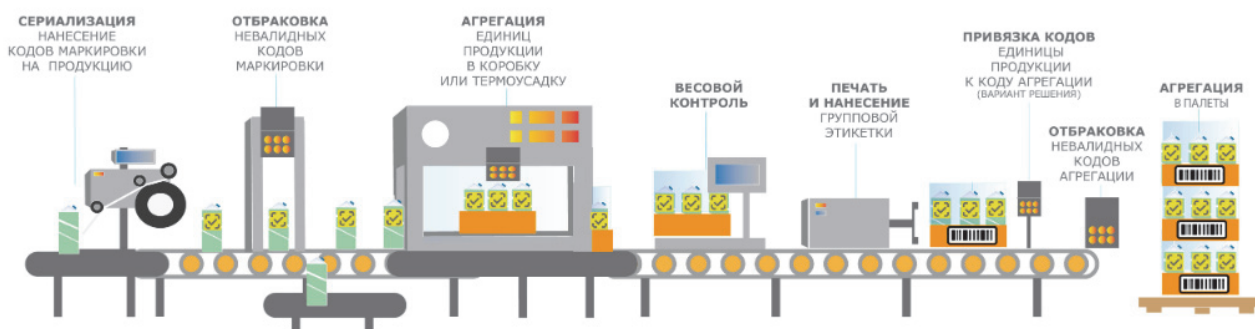


Рис. 6. Процесс маркировки и прослеживаемости готовой молочной продукции  
 Fig. 6. Process of labeling and traceability of dairy products

Дата выхода готовой продукции	Наименование продукции	Количество готового продукта, кг	Органолептические показатели*	Физико-химические показатели**	Номер партии готового продукта	Проверка маркировочных данных	Хранение готового продукта	Соответствие нормативной документации	Количество отбраковки, кг	Ответственный за контроль

\* перечень органолептических показателей соответствует нормативной документации на продукцию;

\*\* перечень физико-химических показателей соответствует нормативной документации на продукцию.

Рис. 7. Журнал учета готовой продукции  
 Fig. 7. Finished Product Logbook

Следует отметить, что форма журнала учета готовой продукции также разрабатывается и принимается предприятием самостоятельно. Детализация и объем информации, заносимой в журнал, зависят от специфики технологических процессов предприятия, от способа занесения записей в журнал (ручной или электронный), от степени автоматизации производства и уровня подготовленности и вовлеченности персонала в процесс прослеживаемости. Очевидно, что при отсутствии автоматизированной системы учета данных особое внимание руководства предприятия должно уделить жесткой регламентации системы прослеживаемости и обучению персонала.

Обобщая все вышесказанное, можно заметить, что на сегодняшний день функционирование системы прослеживаемости на предприятиях пищевой промышленности стало уже обычной практикой. Основными инструментами, обеспечивающими прослеживаемость, являются маркировка и идентификация. В целях маркировки могут быть использованы ярлыки, бирки, штрих-коды, помещаемые на сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, упаковку и тару, также можно использовать различные штампы, с указанием даты, номера смены и т.д.

Способ кодировки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции разрабатывается предприятием самостоятельно, а набор информации, которая включается, например, в номер партии на входном контроле, зависит от способа кодирования, в случае генерации штрих-кода в

номер партии может быть включено наименование сырья, наименование производителя, дата прихода, номер партии поставщика, номер транспортного средства и т.д.

Идентификация сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов, упаковки и тары и их перемещение в ходе технологического процесса обеспечивается ведением записей в соответствующих журналах по результатам входного, производственного контроля и контроля готовой продукции. Однако специфика технологических процессов и преобразований в технологической цепочке может затруднять функционирование системы, что свидетельствует о необходимости проведения регулярных тестов на непрерывность прослеживаемости, что облегчает руководству предприятия понимание, насколько безошибочно разработана и внедрена система прослеживаемости.

### **Список источников**

1. ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166674?ysclid=lsdj5x8r1a260429263>.

2. Технический регламент 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>.

3. Методические рекомендации МР 5.1.0096-14 «Методические подходы к организации оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 18 декабря 2014 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70876610/?ysclid=ls894qidrt82937179>.

4. Решение, автоматизирующее процессы маркировки и прослеживаемости под требования системы «Честный ЗНАК» [Электронный ресурс]. URL: <https://id-russia.ru/marketing/milk>.

### **Информация об авторе**

Е. В. Глебова – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 9540-4656, AuthorID: 740901.

### **Information about the author**

E. V. Glebova – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 9540-4656, AuthorID: 740901.

Статья поступила в редакцию 09.02.2024; одобрена после рецензирования 28.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 09.02.2024; approved after reviewing 28.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК: 641.1, 664.8/9

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-05

EDN: DVMDOF

### Оценка качества и безопасности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна

Евгений Александрович Заяц<sup>1</sup>, Татьяна Ноевна Слуцкая<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> www.ganya\_nic.ru@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4935-0872>

<sup>2</sup> slutskaia.tn@dgtru.ru <http://orcid.org/0000-0002-3228-3047>

**Аннотация.** Изучены пищевая и энергетическая ценность консервов, составившая в зависимости от ассортимента консервов 12,2–30 % суточной нормы употребления белка, 24,4–66,7 % липидов и 9,2–23,4 % энергетической потребности. Определение показателей безопасности консервов «Шпроты в масле» позволили установить соответствие требованиям промышленной стерильности для консервов группы «А» и соответствие консервов требованиям ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016. Высокое качество экспериментальной продукции установлено путем определения обобщенной органолептической оценки (81–100 %), а также показателей безопасности.

**Ключевые слова:** шпроты в масле, дальневосточные рыбы, качество, безопасность, пищевая ценность, энергетическая ценность, органолептическая оценка, морская малоротая корюшка, тихоокеанская мойва, японский анчоус

**Для цитирования:** Заяц Е. А., Слуцкая Т. Н. Оценка качества и безопасности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 43–52.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Assessment of the quality and safety of canned «Sprats in oil» from fish of the Far Eastern basin

Evgeny A. Zayats<sup>1</sup>, Tatyana N. Slutskaia<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> www.ganya\_nic.ru@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4935-0872>,

<sup>2</sup> slutskaia.tn@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3228-3047>,

**Abstract.** The study examined the nutritional and energy value of canned food, which, depending on the assortment of canned food, amounted to 12,2–30 % of the daily protein intake, 24,4–66,7 % of lipids and 9,2–23,4 % of energy requirements. The determination of the safety indicators of canned food «Sprats in oil» made it possible to establish compliance with the requirements of industrial sterility for canned food of group «А» and compliance of canned food with the requirements of TR CU 021/2011 and TR EAEU 040/2016. The high quality of experimental products was established by determining a generalized organoleptic assessment (81–100 %), as well as safety indicators.

**Keywords:** sprats in oil, Far Eastern fish species, quality, safety, nutritional value, energy value, organoleptic assessment, small-mouthed sea smelt, Pacific capelin, Japanese anchovy

**For citation:** Zayats E. A., Slutskaya T. N. Assessment of the quality and safety of canned «Sprats in oil» from fish of the Far Eastern basin. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):43–52. (in Russ.).

## Введение

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает рациональное использование сырья водного происхождения за счет вовлечения его в глубокую переработку с целью получения дополнительной добавленной стоимости [1].

В рамках этого на базе ООО «Ихтиостандарт» при поддержке ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере разработана технология консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна, в настоящее время не вовлеченных в глубокую переработку: морской малоротой корюшки (*Hypomesus japonicus*), тихоокеанской мойвы (*Mallotus villosus catervarius* Pennatt) и японского анчоуса (*Engraulis japonicus*) [2].

Для определения возможности разработанной продукции удовлетворить требованиям потребителя необходимо оценить уровень качества консервов «Шпроты тихоокеанские» различного ассортимента.

Исходя из этого, целью настоящей работы является оценка качества и безопасности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- определить пищевую и энергетическую ценность консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна;
- определить показатели безопасности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна;
- провести сравнительную оценку качества консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись консервы «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна производства ООО «Ихтиостандарт» ассортиментных наименований: «Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле», «Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле», «Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле».

Содержание белка и липидов определяли по ГОСТ 31795-2012 [3]. Определение токсичных элементов выполняли по ГОСТ 30178-96 [4]. Определение мышьяка выполняли по ГОСТ 26930-86 [5]. Определение ртути выполняли по ГОСТ 26927-86 [6]. Определение нитрозаминов выполняли по МУК 4.4.1.011-93 [7]. Определение хлорорганических пестицидов выполняли по СТ РК 2011-2010 [8]. Определение полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов выполняли по МВИ.МН 2352-2005 [9]. Содержание бенз(а)пирена

определяли по ГОСТ Р 51650-2000 [10]. Содержание цезия Cs-137 определяли по ГОСТ 32161-2013 [11]. Содержание стронция Sr-90 определяли по ГОСТ 32163-2013 [12]. Массовые доли составных частей консервов определяли по ГОСТ 26664-85 [13]. Массовую долю отстоя определяли по ГОСТ 32157-2013 [14]. Содержание соли определяли по ГОСТ 27207-87 [15]. Санитарно-паразитологическую экспертизу проводили по МУК 3.2.3804-22 [16]. Промышленную стерильность консервов определяли по ГОСТ 30425-97 [17]. *Bacillus cereus* определяли по ГОСТ 10444.8-2013 [18]. Выявление мезофильных молочнокислых микроорганизмов выполняли по ГОСТ 10444.11-2013 [19]. Выявление дрожжей и плесневых грибов выполняли по ГОСТ 10444.12-2013 [20].

Для проведения органолептической оценки консервов, руководствуясь известными положениями [21], разработали балльную шкалу (табл. 1).

Таблица 1

**Шкала органолептической оценки консервов типа «Шпроты в масле»**

Table 1

**Scale of organoleptic evaluation of canned food of the «Sprats in oil» type**

Наименование показателя	Балльная оценка	Характеристика
Цвет	5	Насыщенный золотистый
	4	Темно-золотистый / светло-золотистый
	3	Темный, ближе к коричневому / желтый
	2	Коричневый / бледно-желтый
	1	Черный / серый
Запах	5	Запах, свойственный консервам из копченой рыбы
	4	Слегка избыточный запах копчения / слегка недостаточный аромат копчения
	3	Резкий запах копчения / легкий аромат копчения
	2	Едкий запах перекопченного продукта / едва уловимый аромат копчения
	1	Запах сгоревшего продукта / запах копчения отсутствует
Внешний вид	5	Целая структура рыбы, кожа без трещин, сползания, просветов
	4	Целая структура рыбы, наблюдаются незначительные локальные просветы кожи
	3	Целая структура рыбы, на коже наблюдаются трещины или локальные вздутия
	2	Целая структура рыбы, кожный покров подвергся разрыву или сползанию
	1	Нарушение структуры рыбы
Вкус	5	Вкус, свойственный консервам из копченой рыбы
	4	Слегка избыточный вкус копчения / слегка недостаточный вкус копчения
	3	Резкий вкус копчения / легкий вкус копчения
	2	Едкий вкус перекопченного продукта / едва уловимый вкус копчения
	1	Горький вкус / вкус копчения отсутствует
Консистенция	5	Плотная, сочная
	4	Плотная, слегка суховатая / избыточно мягкая
	3	Плотная, суховатая / мягкая, рыба разрушается при попытке достать ее из банки
	2	Плотная, сухая / рыба разрушается при малейшем воздействии
	1	Жесткая, сухая / рыхлая

Обобщенную органолептическую оценку консервов определяли как отношение площади профилограммы, образованной балльными органолептическими оценками, к полной площади идеальной профилограммы по формуле

$$Q_k = \frac{S_k}{S_1} \times 100, \quad (1)$$

где  $Q_k$  – обобщенная органолептическая оценка, %;  $S_k$  – площадь профилограммы органолептической оценки консервов;  $S_1$  – полная площадь идеальной профилограммы; 100 – множитель перевода в проценты.

Площадь профилограммы органолептической оценки консервов определяли как сумму площадей треугольников, образованных балльными органолептическими оценками, по формуле [22]

$$S_k = \sum_{i=1}^5 \frac{1}{2} a_i b_i \sin(72^\circ), \quad (2)$$

где  $S_k$  – площадь профилограммы органолептической оценки консервов;  $a_i, b_i$  – длины сторон треугольников, составляющих профилограмму;  $72^\circ$  – размер угла между двумя соседними радиусами описанной окружности пентагона.

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения пищевой и энергетической ценности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Пищевая и энергетическая ценность

Table 2

### Nutritional and energy value

Наименование показателя	Содержание на 100 г продукта					
	«Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле»		«Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле»		«Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле»	
	Натуральная величина	Доля суточной нормы потребления, %	Натуральная величина	Доля суточной нормы потребления, %	Натуральная величина	Доля суточной нормы потребления, %
Белок	18 г	15,8–30,0	14 г	12,2–23,3	17 г	14,9–28,3
Липиды	31 г	24,4–54,4	38 г	29,9–66,7	34 г	26,8–59,6
Энергетическая ценность	351 ккал	9,2–20,6	398 ккал	10,5–23,4	374 ккал	9,8–22,0

Расчет, проведенный согласно Методическим рекомендациям [23], показал, что 100 г консервов «Шпроты тихоокеанские», в зависимости от ассортимента консервов, пола, возраста и образа жизни потребителя удовлетворяет 12,2–30,0 % суточной нормы употребления белка, 24,4–66,7 % липидов и 9,2–23,4 % энергетической потребности.

Сравнительный анализ консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна и традиционных консервов ассортимента «Шпроты в масле» (табл. 3) позволяет сделать вывод о близости химического состава и энергетической ценности разработанной продукции с характеристиками известной традиционной продукции.

Оценка безопасности консервов производилась аккредитованной лабораторией «Восток-тест» на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 и Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» ТР ЕАЭС 040/2016. Результаты анализа показали отсутствие микробиологического и паразитологического загрязнения. Результаты определения гигиенических и радиологических показателей находятся в пределах допустимых значений (табл. 4).

Таблица 3  
Сравнительная характеристика химического состава и энергетической ценности  
Table 3

**Comparative characteristics of chemical composition and energy value**

Наименование консервов, изготовитель	Белок, %	Липиды, %	Энергетическая ценность, ккал
1	2	3	4
«Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле», ООО «Ихтиостандарт»	18,0	31,0	351
«Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле», ООО «Ихтиостандарт»	14,0	38,0	398
«Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле», ООО «Ихтиостандарт»	17,0	34,0	374
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Рыбзавод «За Родину» (стеклянная банка)	13,04	43,8	446
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Рыбзавод «За Родину» (жестяная банка)	14,1	35,6	377
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Калининградский Консервный Комбинат № 22»	17,0	32,0	356
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Балтийский консервный завод»	17,0	32,0	356
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Барс»	18,0	28,0	320
«Шпроты в масле» из салаки, ООО «БАЛТ-ОСТ»	17,0	32,0	356
«Шпроты в масле» из салаки, ООО «Роскон»	15,0	23,0	264
«Шпроты в масле прибалтийские из хамсы», ООО «МУРМАН-РЫБА»	9,0	41,0	410

Таблица 4  
Результаты определения показателей безопасности

**Results of determining safety indicators**

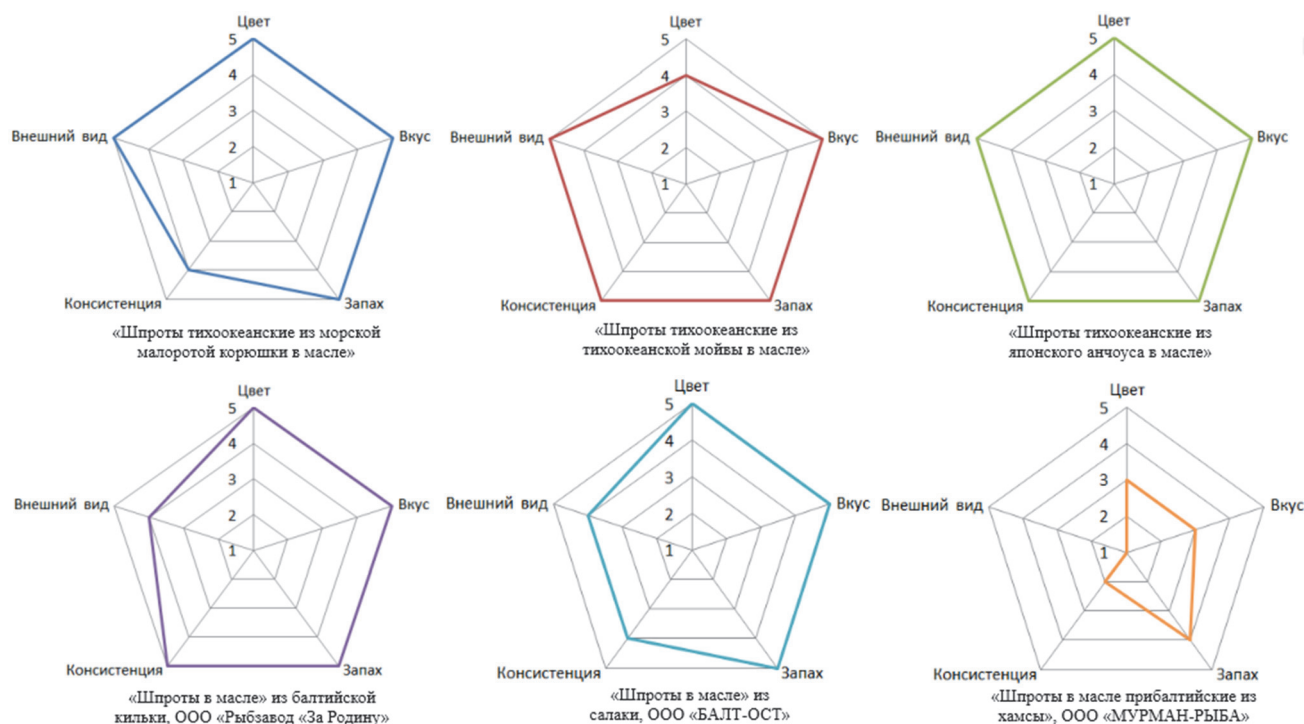
Table 4

Наименование показателей, единицы измерения	Нормированное значение показателей	Фактическое содержание		
		«Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле»	«Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле»	«Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле»
1	2	3	4	5
1. Токсичные элементы, мг/кг, не более:				
Свинец	1,0	<0,01	<0,01	<0,01
Мышьяк	5,0	<0,08	<0,08	<0,08
Кадмий	0,2	<0,01	<0,01	<0,01
Ртуть	0,5	0,030±0,005	0,010±0,002	0,020±0,003

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
2. Нитрозамины, мг/кг, не более:				
Сумма НДМА и НДЭА	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
3. Пестициды, мг/кг, не более:				
ГХЦГ	0,2	<0,005	<0,005	<0,005
ДДТ	0,2	<0,005	<0,005	<0,005
4. Полихлорированные бифенилы, мг/кг, не более				
	2,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5. Бенз(а)пирен, мг/кг, не более				
	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6. Радионуклиды, Бк/кг, не более:				
цезий-137	130	<12	<12	<12
стронций-90	100	<10	<10	<10

По результатам испытаний сделан вывод о том, что консервы соответствуют требованиям промышленной стерильности для консервов группы «А» и не содержат патогенных микроорганизмов или их токсинов.



Профилограммы органолептической оценки консервов типа «Шпроты в масле».

Составлено авторами

Profilograms of organoleptic evaluation of canned food of the «Sprats in oil» type



Полученные результаты показывают, что экспериментальная продукция, полученная в производственных условиях (ООО «Ихтиостандарт»), в целом отличается более высокими показателями качества по сравнению с широко известными образцами других производителей, представленных на рынке. Более всего к исследуемым вариантам приближены «Шпроты в масле» рыбзавода «За Родину», широко известные потребителю.

Профилограммы органолептической оценки консервов типа «Шпроты в масле» представлены на рисунке. Результаты расчета площадей профилограмм органолептической оценки консервов представлены в табл. 5.

Качественные показатели консервов типа «Шпроты в масле» представлены в табл. 6.

Таблица 5

**Балльная оценка и площади профилограмм консервов**

Table 5

**Score and area of canned food profilograms**

Наименование консервов, производитель	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция	Площадь профилограммы
«Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле», ООО «Ихтиостандарт»	5	5	5	5	4	34,24
«Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле», ООО «Ихтиостандарт»	5	4	5	5	5	34,24
«Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле», ООО «Ихтиостандарт»	5	5	5	5	5	38,04
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Рыбзавод «За Родину»	4	5	5	5	5	34,24
«Шпроты в масле» из салаки, ООО «БАЛТ-ОСТ»	4	5	5	5	4	30,91
«Шпроты в масле прибалтийские из хамсы», ООО «МУРМАН-РЫБА»	1	3	3	4	2	6,18

Таблица 6

**Качественные показатели консервов типа «Шпроты в масле»**

Table 6

**Quality indicators of canned food of the «Sprats in oil» type**

Наименование консервов, производитель	Обобщенная органолептическая оценка, %	Массовая доля твердой части, %	Массовая доля отстоя, %	Содержание соли, %
1	2	3	4	5
«Шпроты тихоокеанские из морской малоротой корюшки в масле», ООО «Ихтиостандарт»	90	77	4,0	1,4
«Шпроты тихоокеанские из тихоокеанской мойвы в масле», ООО «Ихтиостандарт»	90	79	4,0	1,5
«Шпроты тихоокеанские из японского анчоуса в масле», ООО «Ихтиостандарт»	100	80	4,5	1,4

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5
«Шпроты в масле» из балтийской кильки, ООО «Рыбзавод «За Родину»	90	78	6,0	1,2
«Шпроты в масле» из салаки, ООО «БАЛТ-ОСТ»	81	79	5,5	1,2
«Шпроты в масле прибалтийские из хамсы», ООО «МУРМАН-РЫБА»	16	73	10,0	1,3

Сравнительная оценка качества консервов «Шпроты в масле» показала, что наиболее высокая обобщенная органолептическая оценка (в целом более 90 %) установлена для экспериментальной продукции, также она характеризуется наименьшим количеством отстоя и наибольшим количеством твердой части.

### Заключение

Определение пищевой и энергетической ценности консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна показало, что содержание химических составляющих на 100 г в зависимости от ассортимента консервов варьирует в диапазонах: белок – от 14 до 18 г, липиды – от 31 до 38 г при энергетической ценности 351–398 ккал, что удовлетворяет 12,2–30,0 % суточной нормы употребления белка, 24,4–66,7 % липидов и 9,2–23,4 % энергетической потребности.

По показателям безопасности консервы соответствуют требованиям промышленной стерильности для консервов группы «А» и не содержат патогенных микроорганизмов или их токсинов.

Сравнительная оценка качественных показателей консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна показала их преимущества перед аналогичной продукцией других производителей по органолептической оценке и содержанию массовой доли сырьевого компонента.

### Список источников

1. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72972854/> (дата обращения : 02.05.2024).
2. Ким Э. Н, Заяц Е. А. Обоснование способа производства консервов типа «Шпроты в масле» // Рыбное хозяйство. 2024. № 2. С. 123–129. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-2-123-129.
3. ГОСТ 31795-2012 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52981/> (дата обращения : 02.05.2024).
4. ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9123> (дата обращения : 02.05.2024).
5. ГОСТ 26930-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/19879/> (дата обращения : 02.05.2024).
6. ГОСТ 26927-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/29102/> (дата обращения : 02.05.2024).
7. МУК 4.4.1.011-93 «Определение летучих N-нитрозаминов в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Методические указания по методам контроля». Текст – электронный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031689> (дата обращения : 02.05.2024).

8. СТ РК 2011-2010 «Вода, продукты питания, корма и табачные изделия. Определение хлорорганических пестицидов хроматографическими методами». Текст – электронный. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739423.htm> (дата обращения : 02.05.2024).
9. МВИ.МН 2352-2005 «Методика одновременного определения остаточных количеств полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов в рыбе и рыбной продукции с помощью газожидкостной хроматографии». Текст – электронный. URL: [https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text\\_tnpa/МВИ.МН\\_2352-2005.pdf](https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/МВИ.МН_2352-2005.pdf) (дата обращения : 02.05.2024).
10. ГОСТ Р 51650-2000 «Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/1236/> (дата обращения : 02.05.2024).
11. ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56473/> (дата обращения : 02.05.2024).
12. ГОСТ 32163-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/53670/> (дата обращения : 02.05.2024).
13. ГОСТ 26664-85 «Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Методы определения органолептических показателей, массы нетто и массовой доли составных частей». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/29126/> (дата обращения : 02.05.2024).
14. ГОСТ 32157-2013 «Консервы рыбные. Метод определения массовой доли отстоя в масле». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55505/> (дата обращения : 02.05.2024).
15. ГОСТ 27207-87 «Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Метод определения поваренной соли». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/28798/> (дата обращения : 02.05.2024).
16. МУК 3.2.3804-22 «Методические указания. 3.2. Профилактика паразитарных болезней. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки». Текст – электронный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1301117324> (дата обращения : 02.05.2024).
17. ГОСТ 30425-97 «Консервы. Метод определения промышленной стерильности». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9107/> (дата обращения : 02.05.2024).
18. ГОСТ 10444.8-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета презумптивных бактерий *Vacillus cereus*. Метод подсчета колоний при температуре 30 °С». Текст – электронный. <https://internet-law.ru/gosts/gost/55924/> (дата обращения : 02.05.2024).
19. ГОСТ 10444.11-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55689/> (дата обращения : 02.05.2024).
20. ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов». Текст – электронный. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55923/> (дата обращения : 02.05.2024).
21. Сафронова Т. М. Органолептическая оценка рыбной продукции : справочник. М. : Агропромиздат, 1985. 216 с.
22. Полянин А. Д. и др. Краткий справочник для инженеров и студентов: Высшая математика. Физика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. М.: Международная программа образования, 1996. 432 с.
23. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Текст – электронный. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/> (дата обращения : 02.05.2024).

### **Сведения об авторах**

Е. А. Заяц – аспирант группы ПСа-312 кафедры «Технология продуктов питания», SPIN-код: 2429-7668, AuthorID: 1080142.

Т. Н. Слуцкая – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология продуктов питания», SPIN-код: 2811-7091, AuthorID: 801938.

### **Information about the authors**

E. A. Zayats – Postgraduate student of the PSa-312 group of the Department of Food Technology, SPIN-code: 2429-7668, AuthorID: 1080142.

T. N. Slutskaaya – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Technology, SPIN-code: 2811-7091, AuthorID: 801938.

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 24.05.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 621.565.943

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-06

EDN: LFMKSC

### Переработка вторичного крабового сырья: перспективы и риски

Светлана Николаевна Максимова<sup>1</sup>, Денис Владимирович Полещук<sup>2</sup>, Артем Александрович Миргородов<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>3</sup> ООО «Русский краб», Владивосток, Россия

<sup>1</sup> maksimova.sn@dgtru.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9654-1044>

<sup>2</sup> tym1988@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0818-1542>

<sup>3</sup> mirgorodovaa@russiancrab.ru; <http://orcid.org/0009-0006-5566-6960>

**Аннотация.** Представлены данные, которые подтверждают высокий технологический потенциал вторичного крабового сырья, образующегося при промышленной переработке крабов. Показаны объемы вылова различных видов крабов за последние годы, прежде всего, на Дальнем Востоке. Рассчитано количество отходов, которое накапливается и не используется производителями пищевой крабовой продукции на примере ООО «Русский краб». Описаны сложности и риски переработки вторичного крабового сырья в морских условиях и перспективы организации такой работы на берегу с учетом ориентира крабодобывающих предприятий на экспорт живого краба. Приведена схема комплексной переработки крабов, позволяющая получать биологически ценные продукты: хитиновые материалы, белковые продукты, липиды, ферментные препараты. Особое внимание уделено вопросу использования панцирьсодержащих крабовых отходов для получения хитина, хитозана и его производных. Дана оценка рынка хитиновых материалов на ближайшее десятилетие, показаны страны-лидеры в области получения и использования хитиновых материалов. Представлен перечень научных организаций в мире, занимающихся исследованиями хитина, хитозана и их производных, включая Российское хитиновое общество, которое каждые два года проводит презентацию полученных результатов в данном направлении на международных научно-практических конференциях. Показан вклад ученых Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета в разработке и совершенствовании технологии пищевой продукции из водных биоресурсов, ориентированной на производство высококачественных безопасных и полезных продуктов путем использования хитиновых материалов. Сделан вывод о перспективах переработки вторичного крабового сырья, которая позволит одновременно решать социальные (здоровье населения), экологические (охрана окружающей среды) и экономические задачи.

**Ключевые слова:** крабы, отходы, биологическая ценность, хитиновые материалы, перспективы

**Для цитирования:** Максимова С. Н., Полещук Д. В., Миргородов А. А. Переработка вторичного крабового сырья: перспективы и риски // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 53–60.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Processing of crabs secondary raw materials: prospects and risks

Svetlana N. Maksimova<sup>1</sup>, Denis V. Poleshchuk<sup>2</sup>, Artyom A. Mirgorodov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>3</sup> Russian Crab Company Group, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> maksimova.sn@ dgtru.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9654-1044>

<sup>2</sup> tym1988@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0818-1542>

<sup>3</sup> mirgorodovaa@russiancrab.ru; <http://orcid.org/0009-0006-5566-6960>

**Abstract.** The article presents data confirming the high technological potential of secondary crab raw materials generated during industrial processing of crabs. The catch volumes of various types of crabs in recent years, primarily in the Far East, are shown. The amount of waste that accumulates and is not used by producers of crab food products is calculated using the example of the Russian Crab Group of Companies. In this work described the difficulties and risks of processing secondary crab raw materials in marine conditions and the prospects for organizing such work on shore, taking into account the focus of crab mining enterprises on the export of live crab. A scheme for the complex processing of crabs is presented, which makes it possible to obtain biologically valuable products: chitinous materials, protein products, lipids, enzyme preparations. Particular attention is paid to the issue of using shell-containing waste to produce chitin, chitosan and its derivatives. Work gives an assessment of the market for chitinous materials for the next decade and shows the leading countries in the field of production and use of chitinous materials/ A list of scientific organizations in the world engaged in research on chitin, chitosan and their derivatives is presented, including the Russian Chitin Society, which every two years presents the results obtained in this field at international scientific and practical conferences. Shows the contribution of Far Eastern State Technical Fisheries University scientists in the development and improvement of the technology of food products from aquatic biological resources, focused on the production of high-quality safe and healthy products through the use of chitinous materials. A conclusion is drawn about the prospects for processing recycled crab raw materials, which will simultaneously solve social (population health), environmental (environmental protection) and economic problems.

**Keywords:** crabs, secondary raw materials, biological value, chitinous materials, prospects

**For citation:** Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Mirgorodov A. A. Processing of crabs secondary raw materials: prospects and risks. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):53–60. (in Russ.).

К одним из самых дорогих объектов морского промысла относится краб, который обладает привлекательными потребительскими свойствами (вкусом, ароматом, консистенцией), пищевой, в том числе биологической, ценностью и высокой рыночной стоимостью.

Россия – один из мировых лидеров по добыче крабов. В 2023 г. в Российской Федерации добыто более 104279,01 т крабов, причем большая часть – в Дальневосточном регионе нашей страны. Меньшая часть объема добычи крабов (28388,43 т) осуществлялась в Баренцевом море, куда в 60-х гг. было осуществлено переселение их с Камчатки.

Основные промысловые виды крабов и объемы их добычи в 2023 г. представлены в табл. 1. Краб-стригун опилио и камчатский краб занимают в списке лидирующие позиции.

Таблица 1

**Промысловые виды крабов и объемы их добычи, тыс. т**

Table 1

**Commercial types of crabs and their production volumes, kt**

Краб-стригун опилио	46,79
Краб камчатский	28,31
Краб синий	7,63
Краб-стригун ангулятус	6,78
Краб-стригун красный	6,41
Краб-стригун берди	4,31
Краб равношипый	2,76
Краб колючий	0,83
Краб волосатый четырехугольный	0,47

Традиционно на российский рынок поступает пищевая продукция из этого высокоценного морского объекта в виде варено-мороженых конечностей в панцире, либо без него. В незначительном количестве краб идет на производство стерилизованных консервов. В связи с этим при производстве готовой крабовой продукции отходы могут достигать разного количества: 30, ...40, ...50 %.

В 2023 г. из 104 279,01 т в переработку на Дальнем Востоке направлено около 22 000 т крабов. Отходы и потери при производстве крабовой продукции (согласно данным «бассейновых норм» Дальневосточного бассейна) составляют около 32 %. То есть в 2023 г. на Дальнем Востоке объем отходов и потерь при промышленной переработке крабов достиг 7,04 тыс. т.

Согласно установленным правилам, изготовители крабовой продукции сбрасывают измельченные отходы в море или платят за их утилизацию. При этом утверждается, что переработка вторичного крабового сырья в условиях моря не рентабельна в 97 % случаев. Риски и сложности переработки отходов крабового производства в морских условиях заключаются в следующем:

- длительность рейсов (4–6 месяцев);
- ограничение вместимости трюмов (60–100 т по готовой продукции);
- удаленность районов промысла от мест переработки на Дальнем Востоке (Охотское и Берингово моря);
- короткий срок работы для Баренцева моря при большом объеме добычи;
- ограничение возможности размещения оборудования размерами судна-процессора.

Важно отметить, что значительная часть крабов в настоящее время отправляется на экспорт в живом виде. На рис. 1 представлено соотношение объемов вылова краба по Дальневосточному региону, направленного на производство готовой продукции и заготавливаемого в живом виде, за 9 месяцев (с января по сентябрь) каждого года, начиная с 2021 по 2023 гг.

Основной рынок сбыта живого краба – это страны Азиатско-Тихоокеанского региона. При сдаче краб сортируется на несколько категорий в зависимости от наличия механических повреждений и других параметров. Отсортированный краб, не соответствующий требованиям принимающей стороны, направляется на переработку на береговые предприятия России.

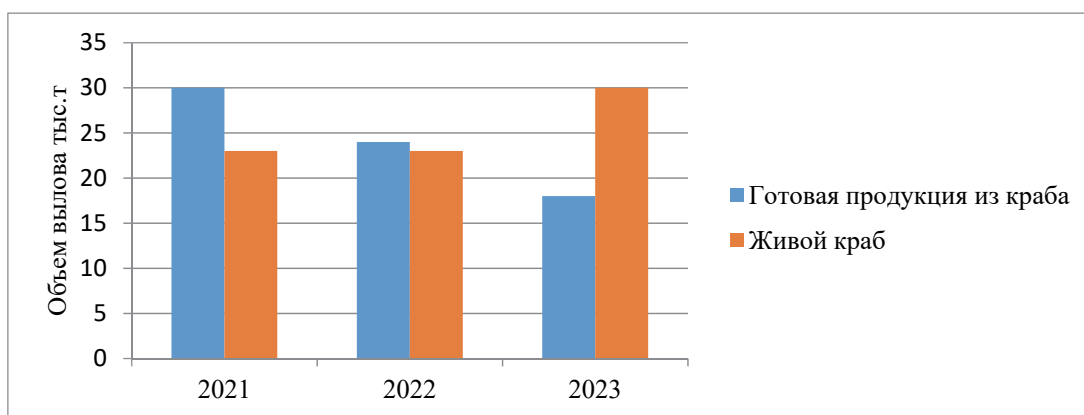


Рис. 1. Соотношение объемов вылова краба для производства готовой продукции и живого краба. Составлено авторами  
 Fig. 1. The ratio of the volume of crab caught for the production of finished products and live crab

Например, при выгрузках живого краба в портах Приморья в 2022 г. в переработку было направлено не менее 335 т, а в 2023 г. – 479 т краба. В соответствии с приведенными ранее нормами отходов и потерь вторичное крабовое сырье составило за последние два года около 100 и 150 т соответственно.

Приведенные цифры позволяют сделать вывод о практической значимости научных исследований по рациональному использованию отходов, образующихся при переработке крабов.

В зависимости от вида готовой продукции при работе с крабами в отходы уходят разные части тела. Как правило, это головогрудь с внутренностями, в том числе гепатопанкреас. При производстве варено-мороженого мяса краба или консервов в отходы попадает и панцирь ходильных конечностей. То есть при сборе отходов их массовый и химический составы могут варьировать в значительном диапазоне.

В целом учеными доказана высокая биологическая ценность вторичного крабового сырья, которое богато хитином, белковой составляющей, минеральными веществами, липидами, ферментами. Комплексная схема переработки вторичного крабового сырья приведена на рис. 2.

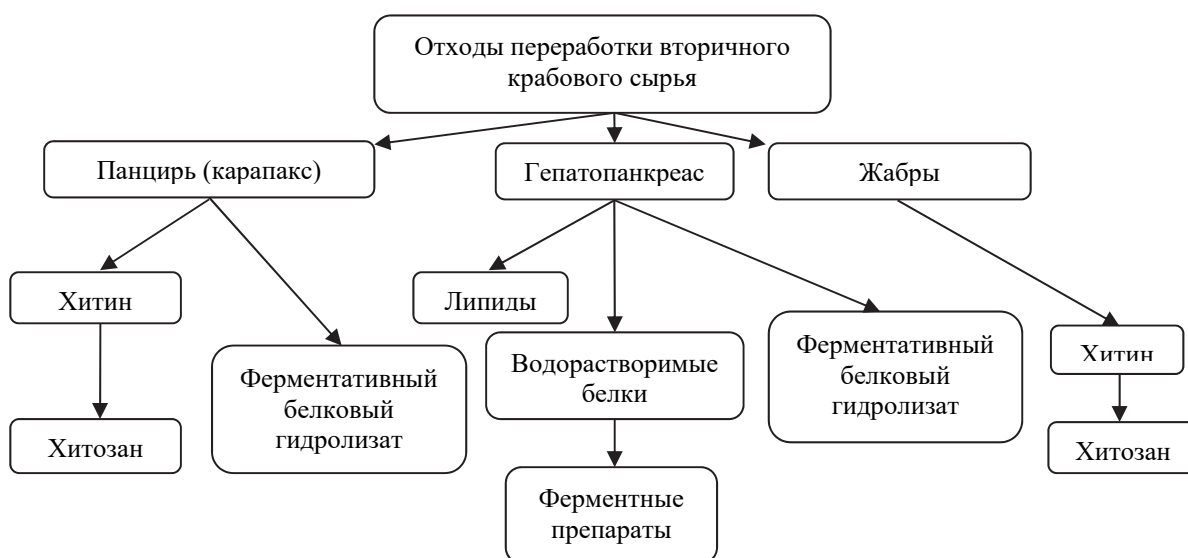


Рис. 2. Комплексная схема переработки вторичного крабового сырья. Составлено авторами  
 Fig. 2. Integrated scheme for processing secondary crab raw materials



Отходы крабового производства, включающие внутренние органы крабов, в том числе гепатопанкреас, характеризуются высокой ферментативной активностью и могут быть использованы для получения не только ферментных препаратов, но и биологически ценных белковых продуктов [1, 2].

При достаточно высоких значениях собственной ферментативной активности вторичного крабового сырья при получении белковых гидролизатов имеет смысл использовать автопротеолиз. Результаты собственных исследований, а также других ученых показывают целесообразность такого подхода, обеспечивающего, прежде всего, простоту технологического процесса и финансовую выгоду [3, 4].

Однако в тех случаях, когда в работу поступают отходы с низким уровнем ферментативной активности (например, замороженные), для получения конечного продукта с высокой биологической ценностью актуальным является использование ферментных препаратов. Такие разработки также дали положительно достоверные результаты [5].

С учетом достаточно высокой минерализации исходного сырья были проведены эксперименты по высокотемпературной обработке вторичного крабового сырья (при температуре выше 100 °С и барометрическом воздействии). В результате был получен водорастворимый белковый продукт, характеризующийся наличием в нем низкомолекулярных пептидов с высокой физиологической усвояемостью.

Одним из наиболее дорогих биологически активных продуктов, которые можно получить из панцирьсодержащих отходов переработки крабов, является производное хитина – хитозан. Как известно, открытие хитина датируется 1799 г., а хитозана – 1894 г. С этого времени история исследований этого уникального биополимера включает несколько периодов: период противоречий (1894–1930 гг.), период исследований (1930–1959 гг.), период сомнений (1950–1970 гг.) и период применения (с 1970 г. до настоящего времени) [6]. Последний период применения сопровождается научными исследованиями этого уникального биополимера. Следует отметить, что помимо хитина и хитозана ученые изучают их многочисленные химические производные, в том числе глюкозамины, олигосахариды, полиэлектролитные комплексы на основе хитозана, представляющие в совокупности обширную группу хитиновых материалов многофункционального применения.

Перечень научных организаций в мире, занимающихся исследованиями хитиновых материалов, значителен:

- Европейское хитиновое общество – European Chitin Society (EUCHIS);
- Ибероамериканское хитиновое общество – Iberoamerican Chitin Society (SIAQ) (Sociedade Ibero-americana de Quitina);
- Китайское хитиновое общество – Chinese Chitin Society;
- Индийское общество хитина и хитозана – Indian Chitin and Chitosan Society (ICCS);
- Японское общество по хитину и хитозану – Japanese Society for Chitin and Chitosan (JSCC);
- Корейское общество по хитину и хитозану – Korean Society for Chitin and Chitosan (KSCC);
- Тайваньское общество по хитину и хитозану – Taiwanese Society for Chitin and Chitosan (TSCC);
- Тайское хитиновое общество – Thai Chitin Society;
- Российское хитиновое общество – Russian Chitin Society.

Российское хитиновое общество (РХО) было организовано в рамках работы первой международной научно-практической конференции, которая проводилась в г. Владивосток в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете (Дальрыбвтузе) в сентябре 1983 г. С тех пор РХО регулярно проводит научно-практические конференции в различных городах России (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ставрополь, Севастополь, Мур-

манск, Пермь, Уфа, Нижний Новгород, Архангельск). В октябре 2023 г., спустя 40 лет, в г. Владивосток на базе ДВО РАМН была проведена очередная хитиновая конференция.

В материалах конференций в большей степени представлены результаты фундаментальных исследований по изучению строения, структуры и свойств хитиновых материалов. Прикладные исследования, связанные с применением хитозана и его производных в пищевой промышленности, занимают не более 10 % от общего числа тематических публикаций в разные годы.

Учеными Дальрыбвтуза с 80-х гг. прошлого столетия исследуются функционально-технологические свойства (сенсорные, структурно-механические, адгезионные, сферообразующие, барьерные) и функционально-физиологические функции хитозана и его производных в пищевых системах. Исследования ученых вуза направлены на разработку и совершенствование технологии пищевой продукции из водных биоресурсов, ориентированной на производство высококачественных безопасных и полезных продуктов путем использования хитиновых материалов. По результатам научных исследований сотрудниками Дальрыбвтуза защищено 5 докторских и 9 кандидатских диссертаций. Публикации сотрудников университета, посвященные хитиновым материалам, насчитывают около 250 наименований и представлены монографиями, учебными пособиями, справочниками, статьями и патентами.

В настоящее время к важным задачам в данной области исследования относятся следующие: расширение ассортимента хитозансодержащих функциональных пищевых продуктов и использование хитозана и его производных с заданными свойствами, полученных целенаправленным синтезом.

Перспективы исследований в данном направлении подтверждаются оценкой рынка хитиновых материалов на ближайшее десятилетие (табл. 2), предоставленной в отчетах Future Market Insights, Inc [7]. По прогнозу мировой рынок хитина и производных хитозана к 2027 г. составит 281,7 тыс. т, в том числе хитозана – 173,9 тыс. т, а к 2033 г. спрос на биополимер превысит 5112,14 млн долл. США [8].

Таблица 2

### Оценка различных рынков хитиновых материалов до 2023 г.

Table 2

#### Assessment of various chitin materials market until 2023

Хитиновые материалы	CAGR (Совокупный среднегодовой темп роста), %	Рыночная стоимость 2033, млрд долл. США
Хитин	12,1	5,03
Хитозан	14,3	5,11
Порошкообразный хитозан	6,4	6,34
Олигосахариды хитозана	14,0	9,80
Олигосахариды хитозана и глюкозамин	9,3	5,78
Производные хитина и хитозана	15,4	38,27

Современный рынок хитиновых материалов, а также области применения хитозана и его производных в странах, которые лидируют в данном направлении, можно оценить по данным, приведенным в табл. 3.

Несмотря на ресурсную сырьевую достаточность, Россия отстает от других стран-лидеров в области получения и применения хитиновых материалов. Пути решения проблем в данном направлении были отмечены еще в 1970 г. итальянским ученым Muzzarelli R.A.A., который утверждал, что «...производство хитина от причала до потребителя не осуществимо и в любом случае было бы ошибкой. Поэтому предполагается, что первичный производитель сырья будет продавать остатки панциросодержащих отходов производителю хитина» [9].

Таблица 3

**Оценка рынка, области применения хитозана и его производных по странам,  
лидирующим в данном направлении**

Table 3

**Assessment of the market, areas of application of chitosan and its derivatives  
by countries leading in this direction**

Страна	2023 г., млн долл. США	Области применения
Германия	1321,0	Биотехнология (добавки, снижающие уровень холестерина, способствующие потере веса)
Япония	341,7	Пищевая промышленность (натуральный консервант и упаковочный материал)
США	261,5	Пищевая промышленность (натуральный консервант и упаковочный материал)
Китай	179,8	Аквакультура
Индия	83,8	Сельское хозяйство (натуральное удобрение и почвенный кондиционер)

Для успешного использования вторичного крабового сырья необходима заинтересованность обеих сторон, упомянутых ученым, а также наличие нормативной (технической) документации с описанием технологии сбора, заготовки, хранения биологически ценных отходов. При этом целесообразно дифференцировать сырье по целевому назначению в зависимости от его химического состава и конкретных условий производства.

При решении вопроса об экономической целесообразности применения того или иного способа переработки отходов крабового производства следует учитывать не только его технологический потенциал (ресурсную достаточность, биологическую ценность), но и дополнительные затраты, в том числе на аппаратное оформление технологического процесса.

Таким образом, о перспективах промышленной переработки вторичного крабового сырья свидетельствуют следующие аспекты. Во-первых, крабы представляют собой мощный постоянно воспроизводимый в природе сырьевой источник для получения биологически ценных продуктов. Во-вторых, переработка отходов крабового производства, достигающих значительных объемов, позволяет решать экологическую проблему по снижению нагрузки на окружающую среду. В-третьих, привлечение в оборот вторичного крабового сырья способно дать дополнительный экономический эффект за счет производства и реализации биологически ценных, полезных для потребителя продуктов. Таким образом, одновременно могут решаться социальные, экологические и экономические задачи.

#### Список источников

1. Ponomareva, T., Timchenko, M., Filippov, M., Lapaev, S., Sogorin, E. Prospects of Red King Crab Hepatopancreas Processing: Fundamental and Applied Biochemistry. Recycling 2021, 6, 3.)
2. Подкорытова А. В., Строкова Н. Г., Семикова Н. В. Комплексная переработка камчатского краба при производстве пищевой продукции и биологически активных веществ // Труды ВНИРО. 2018. Т. 172. С. 198–212.
3. Патент № 2615476 С1 Российская Федерация, МПК А23К 10/12, А23К 10/26. Способ переработки отходов крабового производства с получением кормовой добавки : № 2015145012 ; заявл. 20.10.2015 ; опубл. 04.04.2017 / Т. А. Игнатова, Т. В. Родина, А. В. Подкорытова, О. В. Красюкова.
4. Патент № 2795474 С2 Российская Федерация, МПК А23J 1/04. Способ переработки отходов, полученных после разделки крабов : № 2020106655 ; заявл. 11.02.2020 ; опубл. 03.05.2023 / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Е. В. Суворцева [и др.].

5. Подкорытова А. В., Игнатова Т. А., Родина Т. В., Строкова Н. Г. Биотехнология кормовых ферментолитов с аминополисахаридами из отходов от разделки камчатских крабов рода PARALITHODES // Биотехнология и качество жизни : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 18–20 марта 2014 года. Москва : Закрытое акционерное общество «Экспо-биохим-технологии», 2014. С. 298–299.

6. Crony G. Historical landmarks in the discovery of chitin // Sustainable Agriculture Reviews 35 / G. Crini, E. Lichtfouse (eds.). Springer Nature Switzerland AG, 2019. P. 1–47. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16538-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16538-3_1).

7. REP-GB-17235. Chitosan Oligosaccharides and Glucosamine Market Outlook (2023-2033) (A Detailed Analysis of Chitosan Oligosaccharides and Glucosamine Market on the Basis of Shrimp, Crab, and Krill). May 2023. 350 p. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/chitosan-oligosaccharides-and-glucosamine-market#>

8. Perez S.; Wertz J.-L. Chitin and Chitosans in the Bioeconomy. Boca Raton, London : Taylor & Francis Group, LLC. 2022. 173 p.

9. Muzzarelli R.A. Chitin. Oxford, New York et all. : Pergamon Press, 1970.

#### **Сведения об авторах**

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

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

А. А. Миргородов – директор по производству ООО «Русский краб».

#### **Information about the authors**

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

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

A. A. Mirgorodov – Director of Production of Russian Crab LLC.

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 13.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 639.2 : 639.3.043

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-07

EDN: MTEINQ

### Оценка протеинового потенциала перспективных сырьевых источников для кормовых целей

**Ольга Яковлевна Мезенова<sup>1</sup>, Светлана Викторовна Агафонова<sup>2</sup>,  
Наталья Юрьевна Романенко<sup>3</sup>, Наталья Сергеевна Калинина<sup>4</sup>,  
Владимир Владимирович Волков<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>1</sup> mezenova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

<sup>2</sup> svetlana.agafonova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5992-414X>

<sup>3</sup> nataliya.mezenova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7433-7189>

<sup>4</sup> natalya.kalinina@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0942-5411>

<sup>5</sup> vladimir.volkov@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5560-7131>

**Аннотация.** Проблема качественного кормового белка сдерживает интенсивное развитие животноводства, птицеводства, аквакультуры. Современное кормопроизводство использует в качестве источника протеина рыбную, мясокостную, перьевую кормовую муку, растительные белки. Перспективным источником протеина становятся гидролизаты недовостребованного вторичного рыбного и хитинсодержащего сырья. Целью исследования являлась оценка протеинового потенциала продуктов глубокого гидролиза данного сырья для использования в кормах для рыбоводства. Объектами исследования являлись отходы от разделки рыбы (чешуя, головы копченой кильки), головогрудь камчатских крабов, северной и белоногой креветок. Данное сырье из-за высокой минерализации, коптильных компонентов и содержания хитина практически не перерабатывается на кормовые продукты традиционными методами. В работе сырье подвергали ферментативному и высокотемпературному гидролизу в водной среде под давлением. После фракционирования гидролизатов и их сушки получали две протеинсодержащие добавки, представляющие собой водорастворимые и водонерастворимые порошкообразные дисперсии. Изучены общий химический состав, фракционно-молекулярное распределение и аминокислотный состав белков в полученных добавках. Содержание белка в водорастворимой добавке составляло от 63,8 до 97,7 % в зависимости от вида сырья и способа гидролиза, при этом молекулярная масса 92–95 % пептидных молекул в добавках колебалась в пределах 5–10 кДа. В сравнительных биологических экспериментах по введению водорастворимых добавок в состав комбикормов молоди сига и радужной форели в количестве 5 % взамен рыбной муки получен достоверный прирост морфометрических показателей опытных рыб относительно контрольных. Полученные результаты свиде-

тельствуют о высоком протеиновом потенциале изученных сырьевых источников и рациональности его использования в кормовых технологиях.

**Ключевые слова:** протеины, вторичное рыбное сырье, хитинсодержащие отходы, гидролиз, пептидно-протеиновая добавка, комбикорма, аквакультура

**Благодарности.** Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального агентства по рыболовству по теме «Получение биологически активных веществ из побочных и недоэксплуатированных водных биологических ресурсов для рыбоводных и технических целей» (Рег. № 122030900082-3). Благодарим директора консультационно-исследовательской лаборатории UBF (Германия), доктора Томаса Мерзеля за помощь с аналитическими исследованиями и к.б.н. Е. В. Шахову за помощь в биологических испытаниях.

**Для цитирования:** Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В. Оценка протеинового потенциала перспективных сырьевых источников для кормовых целей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 61–72.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Assessment of the protein potential of promising raw material sources for feed purposes

**Olga Ya. Mezenova<sup>1</sup>, Svetlana V. Agafonova<sup>2</sup>, Natalia Yu. Romanenko<sup>3</sup>,  
Natalia S. Kalinina<sup>4</sup>, Vladimir V. Volkov<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>1</sup> mezenova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

<sup>2</sup> svetlana.agafonova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5992-414X>

<sup>3</sup> nataliya.mezenova@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7433-7189>

<sup>4</sup> natalya.kalinina@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0942-5411>

<sup>5</sup> vladimir.volkov@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5560-7131>

**Abstract.** The problem of high-quality feed protein is holding back the intensive development of livestock farming, poultry farming, and aquaculture. Modern feed production uses fish, meat and bone, feather feed meal, and vegetable proteins as a source of protein. Hydrolysates of under-demanded secondary fish and chitin-containing raw materials are becoming a promising source of protein. The purpose of the study was to evaluate the protein potential of the products of deep hydrolysis of this raw material for use in feed for fish farming. The objects of the study were waste from fish cutting (scales, heads of smoked sprat), cephalothorax of Kamchatka crabs, northern and whiteleg shrimp. Due to their high mineralization, smoking components and chitin content, these raw materials are practically not processed into feed products using traditional methods. In the work, the raw materials were subjected to enzymatic and high-temperature hydrolysis in an aqueous environment under pressure. After fractionation of the hydrolysates and their drying, two protein-containing additives were obtained, which were water-soluble and water-insoluble powder dispersions. The general chemical composition, fractional-molecular distribution and amino acid composition of proteins in the resulting supplements were studied. The protein content in the water-soluble additive ranged from 63.8 % to 97.7 % depending on the type of raw material and method of hydrolysis, while the molecular weight of 92–95 % of the peptide molecules in the additive ranged from 5–10 kDa. In comparative biological experiments on the introduction of water-soluble addi-

tives into the feed composition of juvenile whitefish and rainbow trout in an amount of 5% instead of fish meal, a significant increase in the morphobiological parameters of experimental fish relative to control ones was obtained. The results obtained indicate the high protein potential of the studied raw material sources and the rationality of its use in feed technologies.

**Keywords:** proteins, secondary fish raw materials, chitin-containing waste, hydrolysis, peptide-protein additive, feed, aquaculture

**Acknowledgments.** The study were carried out within the framework of the State Assignment of Roskomry-bolovstvo on the topic: “Obtaining biologically active substances from by-products and under-demanded aquatic biological resources for fish farming and technical purposes” (Reg. No. 122030900082-3). We thank the Director of the UBF Consulting and Research Laboratory (Germany), Dr. Thomas Moerzel for his assistance with analytical studies, as well as Ph.D. Shakhov E.V. for assistance in biological testing.

**For citation:** Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Kalinina N. S., Volkov V. V. Assessment of the protein potential of promising raw material sources for feed purposes. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):61–72. (in Russ.).

## Введение

Отечественное кормопроизводство не обеспечивает сегодня растущие потребности в кормах для животноводства, птицеводства, аквакультуры. Особенно остро чувствуется нехватка качественных протеиновых источников при выращивании ценных пород рыб в индустриальной аквакультуре (лососевых, осетровых, сиговых и др.) [1]. Одной из причин этого является нехватка кормовой рыбной муки – основного источника протеина для плотоядных рыб. В настоящее время в нашей стране рыбная мука не производится в достаточном количестве, а выпускаемая имеет, как правило, пониженное содержание белка [2].

В связи с этим остро стоит вопрос об альтернативных источниках животного протеина, предназначенных для ценных объектов аквакультуры. Представляется перспективным для этого использовать недовостребованное вторичное рыбное и хитинсодержащее сырье (ХСС) – отходы от разделки [3, 4]. Проблемными отходами являются: чешуя сардины (при производстве консервов «Сардины в масле»), головы копченой кильки (при производстве консервов «Шпроты в масле»), головогрудь креветок [5, 6].

Данное сырье накапливается в больших объемах и представляет собой перспективный источник животного протеина. Проблемой является повышение доступности его усвоения при применении в качестве источника аминокислот. Недоиспользуемость этого сырья обусловлена высоким содержанием минеральных веществ и коллагенсодержащих тканей (в чешуе и головах рыб, ХСС), присутствием копильных компонентов (в шпротных отходах), наличием хитина (креветочные отходы). Повысить усвояемость компонентов данного сырья возможно путем его предварительного гидролиза [7, 8, 9].

Традиционным способом гидролиза протеинсодержащего сырья является ферментализация с применением протеаз, в том числе специфических коммерческих протеолитических ферментов [5, 8]. В Калининградском государственном техническом университете разработан и положительно апробирован способ высокотемпературного гидролиза коллагенсодержащего высокоминерализованного сырья под давлением в водной среде с получением двух видов протеиновых добавок (водорастворимой и водонерастворимой) [9]. Анализ состава водорастворимых протеиновых добавок, получаемых после сублимационной сушки, показал, что они содержат 82–94 % протеина, практически нет примесей (1–3 % жира и 2–6 % золы), при этом они содержат практически все незаменимые аминокислоты, количество которых зависит от вида сырья и способа гидролиза [7, 9].

Целью исследования являлась оценка протеинового потенциала продуктов гидролиза высокоминерализованных коллагенсодержащих отходов от разделки рыбы (чешуи, голов коп-

ченной кильки) и хитинсодержащего сырья (креветок), а также определение рациональности их использования в кормопроизводстве.

Для достижения поставленной цели необходимо было оценить общий химический состав данного сырья, продуктов его гидролиза, исследовать аминокислотный состав получаемых добавок, фракционно-молекулярное распределение пептидов в водорастворимой добавке, а также оценить в биологических испытаниях аквакультуры их питательную ценность.

### **Объекты и методы исследований**

Экспериментальные исследования проводились на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», в Научно-исследовательской лаборатории UBF (Альтландсберг, Германия), на рыбоводном предприятии ООО «ПРОМКОРМ» (п. Волочаевка Калининградской области).

При проведении экспериментов использовалось следующее сырье:

- чешуя сардины, предоставленные рыбоконсервным комплексом ОАО «РосКон» (г. Пионерский, Калининградская область);
- головы копченой кильки, предоставленные СПК «За Родину» (п. Взморье, Калининградская область);
- отходы от разделки северной креветки (*Pandalus borealis*) и креветки белоногой (*Penaeus Vannamei*), поставленные ООО «Вичюняй-Русь» (г. Советск, Калининградская область).

Гидролиз вторичного водного биологического сырья проводили двумя способами:

- 1 – ферментативный гидролиз с применением ферментов Alcalase 2,5L (Novozymes, Дания) и коллагеназы (ООО «Биопрогресс», г. Щелково, Россия);
- 2 – высокотемпературный гидролиз в нейтральной водной среде под давлением.

При проведении термогидролиза сырье измельчали, смешивали с горячей водой при гидромодуле 1 : 1 и помещали в терморекторе, где проводили обработку при 130 °С в течение 60 мин под давлением 0,20 МПа при pH 7,0. Гидролизованную суспензию разделяли центрифугированием на три фракции – жировую (верхнюю), водорастворимую (пептидно-протеиновую, среднюю) и водонерастворимую (белково-минеральную, осадочную). Обе протеинсодержащие фракции обезвоживали (сублимационно и конвекционно).

Анализ биопотенциала сырья и его гидролизатов проводили лабораторным путем по стандартным и общепринятым методикам. Оценку содержания воды, белка, жира, минеральных веществ, аминного азота и хитина проводили по ГОСТ 7636. Содержание аминокислот в белках протеиновых добавок определяли по стандарту EU 152/2009 (F) в Научно-исследовательской лаборатории UBF (Германия) с идентификацией на АК-анализаторе с нингидрином в соответствии с ISO 13903-2005. Фракционно-молекулярный состав водорастворимой добавки проводили методом жидкостной хроматографии. Сущность метода заключается в разбавлении и фильтровании образца, разделении на фракции по молекулярным массам (ММ) и идентификации ММ фракции ультрафиолетовым детектированием по времени выхода молекул с одновременным расчетом усредненных значений ММ по фракциям.

Статистическую обработку результатов проводили на 95%-м доверительном уровне.

### **Результаты и их обсуждение**

Общий химический состав сырья и водорастворимых добавок, полученных различными способами гидролиза вторичных ВБР, приведен в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что использованное сырье содержит достаточно много протеина (15,3–18,7 %), количество которого значительно возрастает при его гидролизе и сушке при получении водорастворимых добавок (63,8–94,1 %). Полученные данные подтверждают высокий протеиновый потенциал сырья и возможность его использования в кормовых целях.



Таблица 1  
**Содержание основных органических веществ во вторичном протеинсодержащем сырье и водорастворимых продуктах его гидролиза различными способами**

Table 1  
**The content of basic organic substances in secondary protein-containing raw materials and water-soluble products of its hydrolysis in various ways**

Сырье	Содержание, %				
	Вода	Белок	Жир	Минеральные вещества	Углеводы (хитин)
Чешуя сардины	65,4	15,3	8,46	3,27	-
Гидролизат чешуи, способ гидролиза:					
- ферментативный (алкалаза)	4,2	94,1	0,3	1,4	-
- термический	5,6	85,7	4,5	4,2	-
Головы копченой кильки	65,6	18,3	10,3	5,78	-
Гидролизат голов копченой кильки, способ гидролиза:					
- ферментативный (алкалаза)	8,3	84,7	5,5	1,5	-
- термический	6,7	82,7	2,0	8,6	-
Отходы от разделки креветок	75,3	18,7	1,2	5,9	1,5
Гидролизат креветочных отходов, способ гидролиза:					
- ферментативный (алкалаза)	8,9	69,3	1,3	14,3	6,2
- термический	6,4	71,6	0,45	19,2	2,1

Количество белка в корме важное, но недостаточное условие эффективного питания рыб. В кормовых технологиях принята концепция «идеального» белка, сбалансированность которого рассчитывается по содержанию незаменимых аминокислот (аргинин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин) [1, 2, 10].

В процессе экспериментов первоначально был установлен аминокислотный состав белков чешуи сардины, показавший содержание незаменимых аминокислот на уровне 13,5–17,4 %; заменимых – от 82,6 до 86,5 %. Среди заменимых аминокислот достаточно много глицина (12,6–26,0 %), пролина (9,4–11,7 %), гидроксипролина (9,5–10,7 %), глутаминовой кислоты (8,5–9,3%), что предопределяет их участие в формировании скелета рыб [11].

В процессе гидролиза чешуи сардины были получены протеиновые фракции ферментативным и термическим способами с содержанием белковых веществ 76,8–83,9 % (водорастворимая добавка) и 27,5–33,4 % (водонерастворимая добавка). Исследование фракционно-молекулярного состава показало, что ферментативный способ позволяют получать 97,7 % массы низкомолекулярных пептидов с ММ менее 10 кДа, тогда как при термическом способе количество таких пептидов в добавке составило 53,3 % (рис. 1). Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о повышении протеинового потенциала в обеих добавках по содержанию белка, при этом водорастворимая добавка, включающая короткие пептиды, потенциально обладает повышенной физиологической активностью [11, 12, 13].

Анализ аминокислотного состава водорастворимой добавки из чешуи сардины, полученной ферментативным и термическим способами, показал, что в них содержатся все незаменимые и ценные заменимые аминокислоты, независимо от способа гидролиза. Основными из них являются (%): глицин (12,6–29,4), аланин (5,8–11,2), глутаминовая кислота (6,9–9,3), пролин (6,9–9,4) и гидроксипролин (4,3–10,7), что подтверждается литературными данными по составу коллагенсодержащего вторичного рыбного сырья [11].

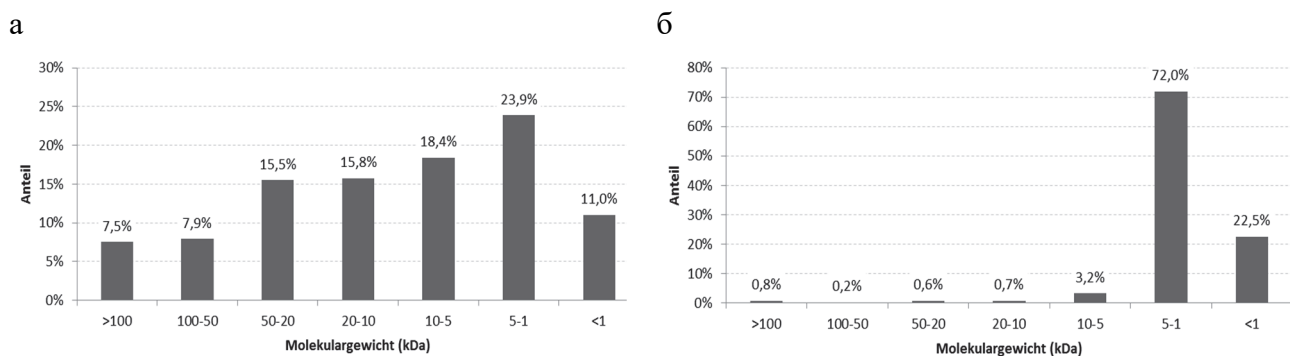


Рис. 1. Молекулярно-фракционный состав пептидов водорастворимых протеиновых добавок, полученных из чешуи сардины различными способами гидролиза: а – термический; б – ферментативный  
 Fig. 1. Molecular fractional composition of peptides of water-soluble protein additives obtained from sardine scales by various hydrolysis methods: a – thermal; б – enzymatic

Оценку кормового потенциала полученных водорастворимых гидролизатов чешуи на предмет применения в кормах для плотоядных рыб в аквакультуре проводили путем сравнительного расчета аминокислотного сора относительно «идеальных» белков, устанавливающих потребности в незаменимых аминокислотах для лососевых видов рыб (табл. 2) [1, 10].

Таблица 2

**Аминокислотные сора водорастворимых добавок, полученных из чешуи сардины различными способами гидролиза, рассчитанные относительно «идеальных» белков для лососевых видов рыб**

Table 2

**Amino acid scores of water-soluble additives obtained from sardine scales by various hydrolysis methods, calculated relative to "ideal" proteins for salmon fish species**

Незаменимая аминокислота	Содержание, г/100 г белка, в гидролизате:		Установленная потребность (по Саенко), % белка [1]	Сора аминокислот, %, в гидролизате:		Установленная потребность (по Kaushik), % белка [1]	Сора аминокислот, %, в гидролизате:	
	термическом	ферментативном		термическом	ферментативном		термическом	ферментативном
Аргинин	8,3	13,4	5,0	165,4	267,8	6,0	137,8	223,2
Гистидин	2,2	5,6	-	-	-	1,8	124,4	308,9
Изолейцин	3,0	10,2	2,2	134,1	463,63	2,3	128,3	443,5
Лейцин	4,5	15,7	3,9	115,1	401,28	4,0	112,3	391,3
Лизин	8,6	18,6	-	-	-	5,0	172,6	372,6
Метионин	2,7+0,2*	7,8+1,4*	1,5+1*	119,6	366,8	4,0	69,0	229,3
Фенилаланин	2,4+1,7**	8,6+6,1**	4,1+0,4**	90,4	325,55	4,3	94,7	340,7
Треонин	2,8	10,1	2,2	125,0	457,72	2,3	119,6	437,8
Валин	5,2	12,1	3,0	173,3	403,66	3,3	156,7	367,0

\*Цистин, \*\*тирозин.

Анализ полученных данных показывает, что в водорастворимых добавках из чешуи практически по всем аминокислотам сора увеличились на 7–8 % относительно «эталона» и превысили 100 %, за исключением метионина и фенилаланина (по расчетам Каушика). Это свидетельствует о повышенной потенциальной возможности добавок из чешуи удовлетворять пластические и энергетические нужды растущих лососевых рыб.

В связи с тем, что технологически с точки зрения массового выхода и санитарной безопасности при переработке высокоминерализованного сырья более рациональным способом гидролиза является термический, а при этом питательная ценность пептидно-протеиновых добавок обоих способов получения остается высокой (табл. 2), то в дальнейшем предпочтительнее отдавали высокотемпературному способу гидролиза перед ферментативным.

Состав аминокислот, установленных в белках водорастворимой и водонерастворимой добавок, полученных из голов копченой кильки термогидролизом, представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Аминокислотный состав водорастворимой и водонерастворимой добавок, полученных из голов копченой кильки высокотемпературным гидролизом (г/100 г белка)**

Table 3

**Amino acid composition of water-soluble and water-insoluble products obtained from smoked sprat heads by high-temperature hydrolysis (g/100 g of protein)**

Аминокислота	Водорастворимая добавка	Водонерастворимая добавка
Незаменимые аминокислоты		
Изолейцин	1,62	0
Лейцин	2,77	4,67
Валин	2,42	3,25
Метионин	0,84	0
Фенилаланин	1,4	0
Триптофан	0,98	0
Лизин	3,93	3,86
Треонин	1,73	0
Гистидин	0	0,18
Заменимые аминокислоты		
Аланин	9,56	5,89
Аргинин	1,13	13,2
Аспарагин	0,29	0
Аспарагиновая кислота	1,11	3,56
Карнозин	0,32	0
Глутамин	2,95	4,06
Глутаминовая кислота	3,22	0
Глицин	13,27	8,93
Орнитин	0,71	2,03
Пролин	1,26	0
Серин	2,26	4,47
Таурин	28,17	6,9
Тирозин	1,55	0

Из табл. 3 следует, что полученные добавки отличаются друг от друга по аминокислотному составу белков. Водорастворимая добавка содержит все незаменимые аминокислоты, в то время как в водонерастворимой добавке отсутствуют 5 незаменимых аминокислот (изолейцин, метионин, фенилаланин, триптофан и треонин). В обеих добавках достаточно много лизина, аланина, гистидина и таурина. Лизин особенно важен в питании рыб, он ускоряет рост, дает метаболическую энергию для плавания и размножения, увеличивает содержание жирных омега-3-кислот. В водорастворимой добавке установлено высокое содержание таурина (28,17 % белка), играющего важную роль в обеспечении нейрогуморального эффекта. Установлена особая роль именно заменимых аминокислот в синтезе многих важных биоло-

гически активных веществ, при этом снижаются затраты незаменимых аминокислот на синтез de novo заменимых аминокислот в клетках [1, 10].

О питательной ценности водорастворимых добавок, полученных из креветочных отходов различными способами гидролиза, судили по их аминокислотному составу (табл. 4).

Таблица 4

**Аминокислотный состав водорастворимых добавок, полученных из креветочных отходов термическим и ферментативным гидролизом с различными ферментами**

Table 4

**Amino acid composition of water-soluble additives obtained from shrimp waste by thermal and enzymatic hydrolysis with various enzymes**

Аминокислота	Содержание в гидролизате, г/100 г, полученном		
	термическим гидролизом	ферментализом с коллагеназой	ферментализом с алкалазой
Аланин	5,7	5,8	5,7
Аргинин	6,4	6,6	6,5
Аспарагин	1,9	2,5	2,6
Аспарагиновая кислота	4,2	4,0	4,6
Карнозин	0,1	0,1	0,1
Цитрулин	0,2	-	0,3
Цистин	0,4	0,3	1,9
Глутамин	3,1	2,6	4,3
Глутаминовая кислота	4,6	5,3	4,8
Глицин	4,7	4,3	4,1
Гистидин	1,8	1,7	12,0
Гидроксипролин	0,1	0,1	0,1
Изолейцин	4,7	4,3	4,8
Лейцин	3,7	3,9	2,7
Лизин	5,9	6,1	5,8
Метионин	2,4	2,4	2,3
Орнитин	0,5	0,7	0,4
Фенилаланин	3,9	4,3	4,1
Пролин	3,7	3,4	2,9
Серин	2,6	2,5	2,3
Таурин	2,3	1,5	1,6
Треонин	2,3	3,0	3,0
Триптофан	0,7	0,9	0,9
Тирозин	4,3	4,2	4,1
Валин	3,5	3,7	3,6

Количественные данные в табл. 4 свидетельствуют о близости аминокислотного состава пептидно-протеиновых добавок, полученных из отходов креветки разными способами гидролиза. Во всех образцах присутствуют практически все незаменимые аминокислоты: лизин (4,5–6,1 г/100 г), фенилаланин (3,1–4,3), изолейцин (4,3–4,8 г/100 г). Среди заменимых аминокислот преобладают «щелочные» аминокислоты (аланин, аргинин), а также низкомолекулярный глицин (4,1–5,7 г/100 г) и пролин (1,8–2,7 г/100 г), обеспечивающие синтез опорных тканей [8, 9]. На достаточно высоком уровне (3,3–6,4 г/100 г) содержатся аспарагиновая кислота, тирозин и валин, обеспечивающие функционирование нервной системы, обменные процессы, нейромедиаторные взаимодействия в организмах рыб [1, 2, 10].

О физиологической усвояемости водорастворимых добавок, полученных из креветочных отходов, судили по их молекулярно-массовому распределению (рис. 2).

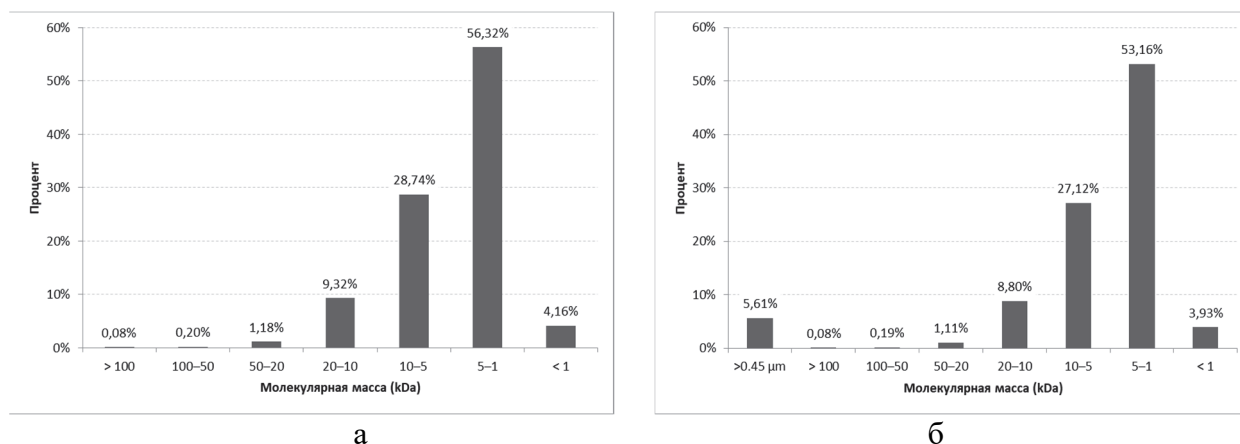


Рис. 2. Диаграммы распределения фракций пептидно-протеиновых добавок, полученных из креветочных отходов по молекулярной массе: а – высокотемпературный гидролиз;

б – ферментализ с применением алкалазы

Fig. 2. Diagrams of the distribution of fractions of peptide-protein additives obtained from shrimp waste by molecular weight: а – high-temperature hydrolysis; б – fermentolysis using alkalase

Из анализа результатов молекулярно-фракционного распределения пептидов по ММ в водорастворимых добавках, получаемых из ХСС (рис. 2), видно, что они характеризуются повышенным содержанием низкомолекулярных пептидов (менее 20 кДа). Термогидролиз позволяет получать добавки с повышенным содержанием низкомолекулярных пептидов (ММ менее 20 кДа) – 98,54 %, чем ферментализ (93,01 %). Этот факт можно объяснить высокой минерализацией тканей ХСС, трудно поддающихся ферментативному распаду, которые при высокотемпературном воздействии деградируют на низкомолекулярные фрагменты более эффективно. Основную фракцию во всех добавках представляют пептиды с ММ от 1 до 10 кДа. При этом содержание пептидов с ММ менее 5 кДа, которые считаются физиологически активными, преобладает в добавках термического способа гидролиза [11, 12, 13].

Для оценки протеинового потенциала полученных из отходов от разделки рыбы и ХСС водорастворимых добавок и рациональности их использования в кормовых технологиях аквакультуры проводили специальные биологические испытания по выращиванию плотоядных рыб [13, 14, 15]. При этом в стандартную рецептуру комбикормов для молоди сига (*Coregonus lavaretus*) добавляли шпротные добавки, а для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) – крабовые добавки в количестве 5 %, которые вводили вместо кормовой рыбной муки. В сравнительных экспериментах, проводимых в установках замкнутого водоснабжения в рыбоводных хозяйствах, в течение 56 сут кормили две группы рыб (экспериментальную и контрольную). Результаты оценки морфометрических показателей рыб обеих партий, рассчитанные по окончании эксперимента, представлены в табл. 5.

Результаты биологических экспериментов (табл. 5) свидетельствуют о высокой физиологической эффективности вводимых в комбикорма для молоди рыб водорастворимых добавок, полученных из вторичного рыбного и хитинсодержащего сырья. Все морфометрические показатели опытных экземпляров сиговых рыб и форели (прирост массы, скорость роста, выживаемость) увеличились относительно контрольных рыб на достоверные величины. Полученные данные свидетельствуют о высоком протеиновом потенциале новых протеиновых добавок, перспективности их применения в промышленной аквакультуре и других кормовых отраслях (для сельскохозяйственных и домашних животных, птицы) [19, 20].

Таблица 5

**Морфометрические показатели опытных и контрольных рыб в аквакультуре  
(в опытных образцах корма введены экспериментальные водорастворимые добавки)**

Table 5

**Morphometric indicators of experimental and control fish in aquaculture  
(experimental water-soluble additives were introduced in experimental feed samples)**

Показатели	Контроль	Опыт	Прирост показателя, %
Молодь радужной форели, в опытных кормах – добавки из крабовых отходов			
Масса (начало), г	85,15±7,32	85,15±7,32	
Масса (конец), г	131,27±17	145,47±16	10,8
Прирост массы, г	46,12±91,	60,32±8	30,8
Удельная скорость роста, %	1,22±0,97	1,54±0,71	26,2
Выживаемость, %	96	98	2,0
Мальки европейского сига, в опытных кормах – добавки из голов копченой кильки			
Масса (начало), г	1,00±0,38	1,06±0,37	
Масса (конец), г	2,73±1,53	3,00±1,20	35,4
Прирост массы, г	1,73±1,52	1,94±1,21	31,7
Удельная скорость роста, %	1,79±0,10	1,86±0,27	69,4
Выживаемость, %	81,33±2,30	88,67±2,30	1,8

### Заключение

Показан высокий протеиновый потенциал продуктов глубокого гидролиза недоиспользуемого рыбного и хитинсодержащего биологического сырья (чешуи сардины, голов копченой кильки, отходов от разделки креветок) и рациональность его использования для получения кормовых добавок для индустриальной аквакультуры плотоядных рыб.

Исследован общий химический состав данного сырья, продуктов его высокотемпературного и ферментативного гидролиза (водорастворимой и водонерастворимой добавок), фракционно-молекулярное распределение пептидов в водорастворимых добавках: результаты свидетельствуют о высокой концентрации в добавках активных низкомолекулярных пептидов с ММ менее 10 кДа (более 90 %) и их потенциальной физиологической усвояемости.

Проведены положительные биологические испытания водорастворимых добавок из шпротных и крабовых отходов в составе комбикормов плотоядных рыб в аквакультуре; полученные морфометрические показатели рыб подтвердили физиологическую эффективность добавок и перспективность их кормового использования.

### Список источников

1. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва : Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.
2. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб. Изд. 2-е, испр. и доп. Санкт-Петербург : ГосНИОРХ, 2012. 564 с.
3. Игнатова Т. А., Родина Т. В., Подкорытова А. В. Биотехнологическая конверсия отходов от разделки краба *Paralithodes camtschaticus* при получении кормовой добавки с хитином // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2015. Т. 11, № 1. С. 20–27.
4. Мезенова О. Я. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования // Известия КГТУ. 2023. № 69. С. 74–88. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.
5. Киселева М. В., Табакаева О. В., Каленик Т. К. и др. Процесс получения ферментативных гидролизатов из отходов переработки креветки северной // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 4. С. 635–642. DOI: org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642.

6. Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В., Мерзель Й.-Т. Исследование биопотенциала продуктов гидролиза отходов от разделки креветки белоногой *Penaeus Vannamei* // Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 3. С. 223–231. DOI: org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-223-231.
7. Мезенова О. Я., Волков В. В., Мерзель Т., Grimm Т., Кюн С., Хелинг А., Мезенова Н. Ю. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении протеинов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, № 4. С. 83–94.
8. Kuprina E. E., Kiprushkina E. I., Abramzon V., Rogozina E., Romanenko N. Y., Mezenova O. Y., Grimm T., Moersel J.-Th. Obtaining and study of peptide compositions based on hydrolysates of collagen-containing fish raw materials // Fermentation. 2023. Vol. 9, Iss. 5. P. 458. DOI: 10.3390/fermentation9050458.
9. Мезенова О. Я., Тишлер Д., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Бараненко Д. А., Grimm Т., Ридель С. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 46–58.
10. Колмакова В. И., Колмакова А. А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2020. № 13(4). С. 424–442. DOI: 10.17516/1997-1389-0332.
11. Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я., Moersel J.-T., Hoeling A. Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С. 48–52.
12. Гришин Д. В., Подобед О. В., Гладилина Ю. А., Покровская М. В., Александрова С. С. и др. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 3. С. 20–31.
13. Kim S. K., Ngo D. H., Vo T. S. Marine fish-derived bioactive peptides as potential antihypertensive agents // Adv Food Nutr Res. 2012. № 65. P. 249–60.
14. Мезенова О. Я., Пьянов Д. С., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Волков В. В., Калинина Н. С., Мерзель Т. Оценка питательной ценности комбикормов для лососевых с добавлением продуктов гидролиза шпротных отходов // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 32–47. DOI: 10.46845/1997-3071-2022-67-32-4.
15. Мезенова О. Я., Пьянов Д. С., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Мезенова Н. Ю. Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья // Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 81–88.
16. Шахова Е.В. Морфофизиологическая характеристика молоди европейского сига (*Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758)), выпущенной в Куршский залив Балтийского моря в 2015 году // Вестник рыбохозяйственной науки. 2016. Т. 3, № 4(12). С. 28–34.
17. Shakhova E., Mezenova O., Romanenko N., Agafonova S., Volkov V., Kalinina N. and Ryanov D. Effect of inclusion of fish protein hydrolysate in diet for european whitefish (*coregonus lavaretus linnaeus*, 1758) juveniles on their hematological parameters // BIO Web of Conferences. Agro-Bio-Technologies. 2023. Vol. 64. DOI: org/10.1051/bioconf/20236401010.

### Информация об авторах

О. Я. Мезенова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии, Заслуженный работник рыбного хозяйства РФ, Заслуженный работник высшей школы России, академик Международной академии холода.

С. В. Агафонова – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, член-корреспондент Международной академии холода.

Н. Ю. Романенко – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, член-корреспондент Международной академии холода.

Н. С. Калинина – заведующий лабораториями кафедры пищевой биотехнологии.

В. В. Волков – директор Центра белка кафедры пищевой биотехнологии.

### **Вклад авторов**

Мезенова О. Я. – подготовка статьи, анализ экспериментальных данных.

Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С. – проведение основных экспериментов.

Волков В. В. – анализ молекулярно-фракционного состава гидролизатов.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

### **Information about the authors**

O. Ya. Mezenova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Bio-Technology, Honored Worker of the Fisheries of the Russian Federation, Honored Worker of the Higher School of Russia, Academician of the International Academy of Refrigeration.

S. V. Agafonova – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Corresponding Member of the International Academy of Refrigeration.

N. Yu. Romanenko – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Corresponding Member of the International Academy of Refrigeration.

N. S. Kalinina – Head of Laboratories of the Department of Food Biotechnology.

V. V. Volkov – Director of the Protein Center of the Department of Food Biotechnology.

### **Contribution of the authors**

O. Ya. Mezenova – preparation of the article, analysis of experimental data.

S. V. Agafonova, Romanenko N. Yu., Kalinina N. S. – conducting basic experiments.

V. V. Volkov – analysis of the molecular fractional composition of hydrolysates.

**The authors declare no conflicts of interests**

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 22.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 22.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.



## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 621.565.943

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-08

EDN: RDDDXJ

### Исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания минтая

Антон Вадимович Табакаев<sup>1</sup>, Оксана Вацлавовна Табакаева<sup>2</sup>, Иван Анатольевич Сытник<sup>3</sup>, Андрей Андреевич Симдянкин<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> tabakaev92@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5658-5069>

<sup>2</sup> yankovskaya68@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7068-911X>

<sup>3</sup> Ivan992222@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1499-0634>

<sup>4</sup> And-sim@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

**Аннотация.** В ходе представленного исследования доказана возможность использования низкотемпературного сухого посола филе минтая для получения малосоленого полуфабриката и дальнейшего его использования в технологии сушеной и сушено-вяленой продукции. Экспериментально доказано, что на процесс просаливания мышечной ткани минтая при низкотемпературном сухом посоле оказывают влияние следующие факторы: массовая доля соли, температура и продолжительность процесса. Максимальное содержание соли в мышечной ткани минтая составляют 5,55–6,50 % при продолжительности посола 24 ч. Более низкие температуры посола изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая. Показано, что выход соленого полуфабриката зависит от массовой доли соли (максимальный – при 5 %), температуры (максимальный – при минус 10 °С). Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката. Установлены зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола от различных факторов (температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли), что позволяет утверждать о возможности получения соленого полуфабриката минтая различной влажности при помощи изменения температуры, продолжительности процесса и массовой концентрации соли. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой доле соли 5 % и температуре минус 10 °С.

**Ключевые слова:** минтай, низкотемпературный посол, соленый полуфабрикат

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» по теме НИР № 823/2023 «Совершенствование технологии рыбного фарша из сырья повторного замораживания с использованием криопротекторов».

**Для цитирования:** Табакаев А. В., Табакаева О. В., Сытник И. А., Симдянкин А. А. Исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания минтая // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 73–83.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Investigation of the possibility of using low-temperature salting for pollock salting

Anton V. Tabakaev<sup>1</sup>, Oksana V. Tabakaeva<sup>2</sup>, Ivan A. Sytnik<sup>3</sup>, Andrey A. Simdyankin<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>2</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> tabakaev92@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5658-5069>

<sup>2</sup> yankovskaya68@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7068-911X>

<sup>3</sup> Ivan992222@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1499-0634>

<sup>4</sup> And-sim@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

**Abstract.** In the course of the presented study, the possibility of using low-temperature dry salting of pollock fillets to obtain a lightly salted semi-finished product for further use in the technology of dried and dried products was proved. It has been experimentally proven that the process of salting pollock muscle tissue with low-temperature dry salting is influenced by the following factors - the mass fraction of salt, temperature and duration of the process. The maximum salt content in pollock muscle tissue is 5.55–6.50 % with a salting duration of 24 hours. Lower salting temperatures change the salting rate in the direction of slowing down the process. An increase in the mass fraction of salt during the salting process leads to a significant increase in its content in the muscle tissue of pollock. The yield of the salted semi-finished product depends on the mass fraction of salt (maximum at 5 %), temperature (maximum at minus 10 °C). An increase in the duration of the low-temperature salting process leads to a decrease in the yield of the salted semi-finished product. The dependences of changes in the humidity of salted semi-finished pollock in the process of low-temperature salting on various factors (temperature, duration of the process and mass concentration of salt) have been established, which allows us to assert the possibility of obtaining salted semi-finished pollock of different humidity by changing the temperature, duration of the process and mass concentration of salt. The maximum humidity is characterized by a salty semi-finished pollock at a mass salt concentration of 5 % and a temperature of minus 10 °C.

**Keywords:** pollock, low-temperature ambassador, salty semi-finished product

**Financial Support:** the work was carried out within the framework of the state assignment of the Far Eastern State Technical Fisheries University on the topic of research work № 823/2023 "Improving the technology of minced fish from re-frozen raw materials using cryoprotectors".

**For citation:** Tabakaev A. V., Tabakaeva O. V., Sytnik I. A., Simdyankin A. A. Investigation of the possibility of using low-temperature salting for pollock salting. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):73–83. (in Russ.).

## Введение

Рыба и продукты из нее являются важными пищевыми системами в питании человека, относятся к ценным источникам питательных веществ, которые играют существенную роль в поддержании здоровья человека. Рыба является отличным источником белка, который необходим для роста и восстановления клеток организма. Она также содержит витамины, минералы и жирные кислоты омега-3, которые играют важную роль в поддержании здоровья сердца, мозга и кожи. Регулярное употребление рыбы также может снизить уровень холестерина в крови и улучшить общее состояние организма [1]. Значение рыбы в питании человека действительно огромно. Мясо рыбы богато полноценным белком мышечной ткани, который значительно лучше переваривается ферментами пищеварительного тракта и отлично усваивается. Исходя из этого, значительное внимание уделяется вопросам развития технологий переработки рыбы и получения новых продуктов, а также продуктов с заданными показателями качества.

Одним из традиционных видов рыб для сырьевой базы Дальнего Востока, имеющем высокую пищевую и технологическую ценность, является тихоокеанский минтай – *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814), промысел которого является стабильно высоким каждый год [2]. Следует отметить увеличение промысла минтая в Дальневосточном регионе вследствие увеличения промысловых запасов. Степень эксплуатации данного ресурса составляет 12,8 % на 2022 г. [3, 4]. Мясо минтая является источником полноценных белков, содержание которых около 16 %, которые включают весь набор аминокислот и сбалансированы по аминокислотному составу. Также в мышечной ткани минтая содержатся свободные аминокислоты, среди которых до 32,1–34,1 % приходится на биологически активную аминокислоту таурин и 18,2–21,0 % – на дипептид ансерин, что существенно повышает биологическую ценность мяса минтая [5]. Также мышечная ткань минтая характеризуется достаточно высоким содержанием микро- и макроэлементов, водо- и жирорастворимых витаминов, позволяющим восполнить потребности человеческого организма в данных микронутриентах [6, 7]. Содержание липидов в мясе минтая невысокое, составляет не более 2 %, но наличие биологически активных  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот характеризует мышечную ткань минтая как ценный ресурс [7].

В России продукция из минтая представлена в основном мороженой продукцией – минтай мороженный обезглавленный, филе, фарш из минтая, также производят сушеные и кулинарные изделия, консервы из печени и икры и икорную продукцию. Отходы от разделки рыбы на филе, как правило, направляют на производство кормовой муки [7].

Важными способами сохранения рыбного сырья, позволяющими получать высококачественные пищевые продукты с высокой добавленной стоимостью, являются посол, сушка, вяление, копчение. Однако для минтая традиционные способы посола и копчения мало пригодны при получении пресервов, солёной и вяленой продукции, так как мышечная ткань характеризуется низкой активностью протеолитических ферментов и низким коэффициентом отношения жира к белку [8]. Однако при производстве сушеной и вяленой продукции из минтая посол является необходимой подготовительной операцией, позволяющей на конечном этапе получать продукт соответствующих органолептических характеристик.

В результате постепенного развития и совершенствования на настоящий момент разработано огромное количество различных технологий посола. Разработана технология производства солёно-мороженой рыбы, которая предусматривает замораживание рыбы сразу после ее просаливания и созревания. Также в последние годы найдено новое направление технологии продуктов, консервированных солью, – разработана технология низкотемпературного посола, в которой впервые рассмотрена возможность проведения процесса просаливания при температуре ниже криоскопической. Сухой и мокрый низкотемпературный посол позволяет получить продукт с содержанием соли 3–6 % [9–11]. Разработана технология низ-

котемпературного посола лососевых рыб, в частности горбуши, гольцов и т.д. [12, 13]. Широко представлены работы по низкотемпературному посолу сельди [14, 15, 16].

Преимуществами использования низкотемпературного посола рыбного сырья являются: возможность получения малосоленой продукции, пользующейся высоким спросом у потребителя ввиду высоких органолептических характеристик; инактивация опасных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов; стабилизация качества в процессе производства и хранения.

Для производства сушеной и вяленой продукции из минтая достаточно часто используется в качестве полуфабриката обесшкуренное филе. Исходя из вышесказанного, целью работы является исследование возможности применения низкотемпературного посола для просаливания обесшкуренного филе минтая.

### **Методы исследования**

В качестве основного сырья использовали охлажденный минтай, имеющий срок хранения не более трех суток, из которого получали обесшкуренное филе, в дальнейшем подвергали низкотемпературному посолу. Сырьё по качественным показателям соответствовало требованиям действующей нормативной документации [17].

Замораживание производилось воздушным способом в морозильной камере, оборудованной холодильной установкой АМЕ-L-3x2EC2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2EC-22-40С фирмы Bitzer. Температура подаваемого в камеру воздуха составляла минус 30 °С, скорость циркуляции – 3,5 м/с [18].

Массовую долю поваренной соли определяли по ГОСТ 7636-85 аргентометрическим методом [19].

Для статистической обработки экспериментальных данных и построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ Microsoft Office 2007, CurveExpert 1.4. Все исследования проводили в 3-кратной повторности. Экспериментальные данные представлены в виде  $M \pm m$ .

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Для исследования процесса просаливания мышечной ткани минтая посол осуществляли сухим способом – пересыпанием солью второго помола в массовой доле 5, 10, 15 и 20 % от массы рыбы. Динамику просаливания мышечной ткани минтая в процессе низкотемпературного посола характеризовали изменением содержания хлористого натрия в мясе рыбы. Низкотемпературный посол осуществляли при различных температурах с шагом 5 °С, интервал минус 10 °С – минус 20 °С. Процесс низкотемпературного посола осуществляли в течение 24 ч. В табл. 1 представлены данные по влиянию различных факторов (температуры замораживания, продолжительности процесса и массовой доли соли) на содержание поваренной соли в мышечной ткани минтая.

Представленные в табл. 1 данные демонстрируют существенное увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая с увеличением времени – максимальные значения достигаются в течение 24 ч и составляют 5,55–6,50 %. Однако скорость накопления массовой доли соли имеет различия для разных температур: при температуре минус 10 °С происходит увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая в 11,6–13,0 раза, при температуре минус 15 °С – в 10,8–11,7 раза, при температуре минус 20 °С – в 10,3–11,1 раза. Таким образом, более низкие температуры изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая – при температуре минус 10 °С происходит увеличение содержания соли в мышечной ткани минтая в 1,8 раза, при температуре минус 15 °С – в 1,7 раза, при температуре минус 20 °С – в 1,7 раза. Представленные данные убедительно доказывают возможность использования низкотемпературного посола мышечной ткани минтая.

Таблица 1

**Содержание соли в мышечной ткани минтая при просаливании в зависимости от различных факторов**

Table 1

**Salt content in pollock muscle tissue during salting, depending on various factors**

Температура в толще мяса рыбы, °С	Продолжительность замораживания, ч	Содержание соли в мясе рыбы, %			
		5	10	15	20
-10	1	0,31±0,01	0,37±0,01	0,43±0,02	0,50±0,02
	4	0,81±0,04	0,98±0,04	1,12±0,05	1,31±0,06
	8	1,82±0,08	1,92±0,09	1,98±0,09	2,19±0,10
	12	2,51±0,09	2,95±0,14	3,13±0,15	3,31±0,16
	16	3,24±0,15	3,65±0,18	3,98±0,19	4,52±0,22
	20	3,44±0,17	4,13±0,20	4,73±0,23	5,67±0,28
	24	3,60±0,18	4,57±0,22	5,45±0,27	6,50±0,32
-15	1	0,30±0,01	0,36±0,01	0,42±0,01	0,49±0,01
	4	0,81±0,04	0,95±0,04	0,98±0,04	1,03±0,05
	8	1,61±0,08	1,68±0,08	1,87±0,09	1,96±0,09
	12	2,12±0,10	2,43±0,12	2,65±0,13	2,92±0,14
	16	2,74±0,13	3,25±0,16	3,48±0,17	3,65±0,18
	20	3,04±0,15	4,01±0,20	4,12±0,20	4,57±0,22
	24	3,35±0,16	4,21±0,21	4,99±0,24	5,86±0,29
-20	1	0,28±0,01	0,35±0,01	0,40±0,01	0,48±0,01
	4	0,45±0,02	0,55±0,02	0,65±0,03	0,75±0,03
	8	1,11±0,05	1,28±0,06	1,51±0,07	1,61±0,08
	12	1,92±0,09	2,13±0,10	2,38±0,11	2,48±0,12
	16	2,11±0,10	3,03±0,15	3,12±0,15	3,32±0,16
	20	2,75±0,13	3,25±0,16	3,89±0,19	4,25±0,21
	24	3,19±0,15	3,75±0,18	4,53±0,22	5,55±0,27

В процессе просаливания мышечной ткани минтая наблюдается перераспределение соли и воды путем обменной диффузии между солью, водой и растворимыми частями системы между ними. При обычном посоле при стандартных температурах наблюдается переход растворимых веществ в рассол, что отрицательно сказывается на качестве продукта. Также меняется выход продукта и его консистенция. С целью оценки низкотемпературного посола мышечной ткани минтая с учетом влияния различных факторов исследовали выход соленого полуфабриката при различных температурах замораживания, продолжительности процесса и массовой доли соли.

Выход соленого полуфабриката рассчитывался как отношение массы мышечной ткани минтая через фиксированный промежуток продолжительности посола к массе мышечной ткани минтая до посола по формуле [11]

$$B = \frac{P_n}{P_0} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где  $P_0$  – масса мышечной ткани минтая до посола, г;  $P_n$  – масса мышечной ткани минтая через  $n$ -й фиксированный промежуток посола, г;  $B$  – выход, %

Выход соленого продукта в зависимости от различных факторов представлен в табл. 2.

Данные табл. 2 доказывают, что максимальный выход соленого полуфабриката наблюдается при минимальной массовой доли соли. Однако необходимо отметить и влияние темпе-

ратуры – при температуре минус 10 °С выход соленого полуфабриката немного более высокий, чем при температурах минус 15 °С и минус 20 °С. Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката.

Таблица 2

**Выход соленого полуфабриката в зависимости от различных факторов**

Table 2

**The yield of salted semi-finished products depending on various factors**

Температура в толще мяса рыбы, °С	Продолжительность замораживания, ч	Выход соленого полуфабриката продукта, %			
		5	10	15	20
-10	1	99,94	99,93	99,92	99,90
	4	99,80	99,73	99,63	99,49
	8	99,64	99,51	99,35	99,14
	12	99,49	99,37	99,23	99,07
	16	99,45	99,32	99,21	99,03
	20	99,31	99,12	99,03	98,90
	24	99,10	98,99	98,89	98,79
-15	1	99,92	99,91	99,90	99,89
	4	99,88	99,82	99,73	99,58
	8	99,73	99,60	99,43	99,23
	12	99,60	99,48	99,33	99,17
	16	99,56	99,40	99,30	99,13
	20	99,40	99,20	99,12	98,99
	24	99,19	99,06	98,98	98,89
-20	1	99,91	99,90	99,89	99,88
	4	99,91	99,88	99,78	99,64
	8	99,79	99,66	99,50	99,39
	12	99,64	99,52	99,38	99,22
	16	99,59	99,46	99,37	99,20
	20	99,46	99,29	99,17	99,06
	24	99,21	99,14	99,04	98,98

Массообменные процессы при посоле рыбы характеризуются не только переносом соли, но и переносом влаги. Потеря влаги и поглощение соли связаны обратно пропорциональной зависимостью.

Используя формулу П. Б. Крина, описывающую зависимость между количеством влаги, содержащейся в рыбе после окончания просаливания  $W$  и соленостью рыбы  $S$  (%) [17]:

$$W = W_0 - 1.19 S, \quad (2)$$

где  $W_0$  – содержание воды в теле рыбы, %;  $S$  – соленость рыбы, %, произвели расчет содержания влаги в мышечной ткани минтая в процессе низкотемпературного сухого посола и визуализировали полученные данные графиком зависимости изменения количества влаги от времени просаливания при различных температурах и массовой доли соли (рис. 1–4).

Данные рис. 1 демонстрируют существенное снижение содержания влаги в процессе просаливания, зависящее от продолжительности. При времени просаливания 24 ч снижение содержания воды составляет 8,7 %. Максимальная скорость снижения содержания воды в процессе низкотемпературного просаливания при температуре минус 15 °С наблюдается при продолжительности процесса 8 ч.

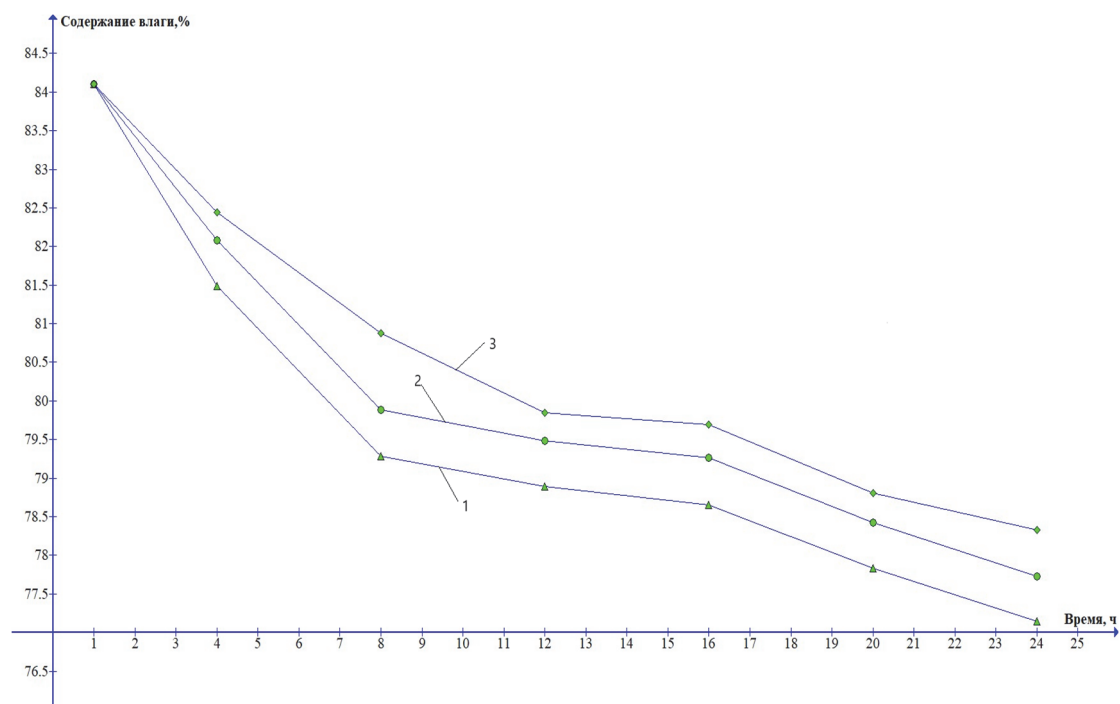


Рис. 1. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 20 %:  
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;  
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 1. Graph of the dependence of humidity changes on salting time at a mass fraction of salt of 20 %:  
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

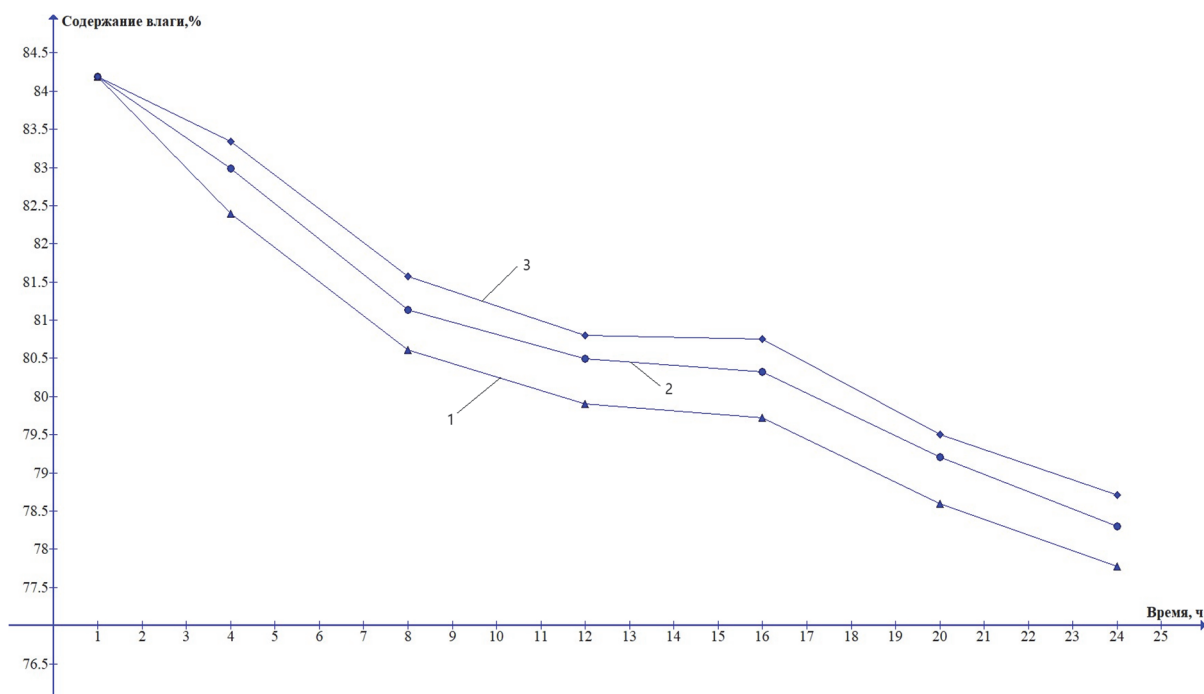


Рис. 2. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 15 %:  
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;  
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 2. Graph of the dependence of humidity changes on the salting time at a mass fraction of salt of 15 %:  
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

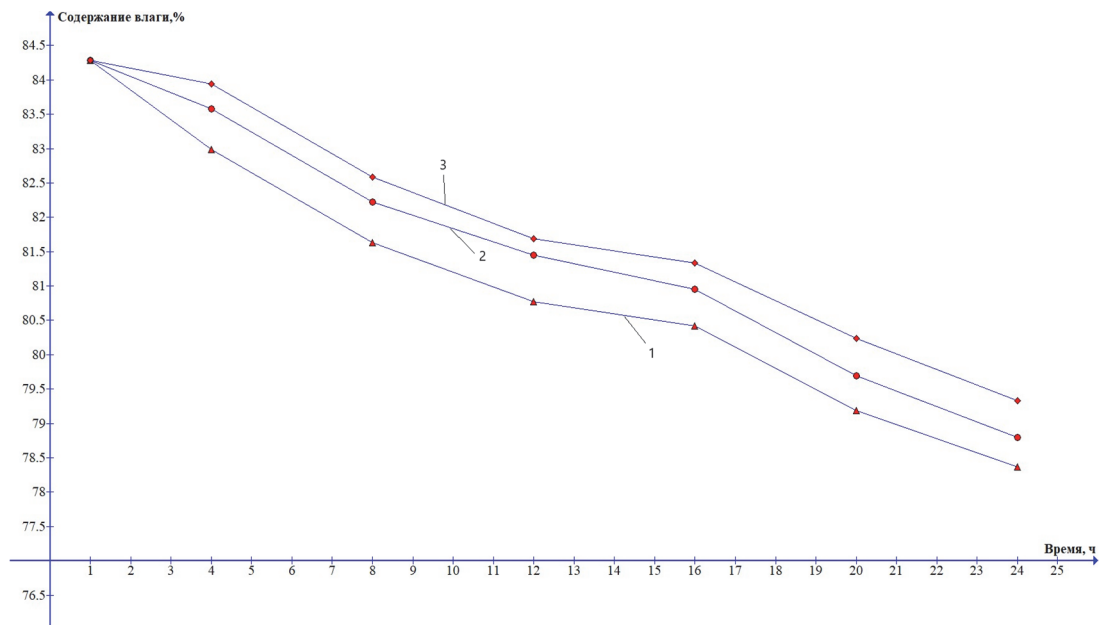


Рис. 3. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 10 %:  
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;  
 3 – температура минус 10 °С. Составлено авторами

Fig. 3. Graph of the dependence of humidity changes on the salting time at a mass fraction of salt of 10 %:  
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C

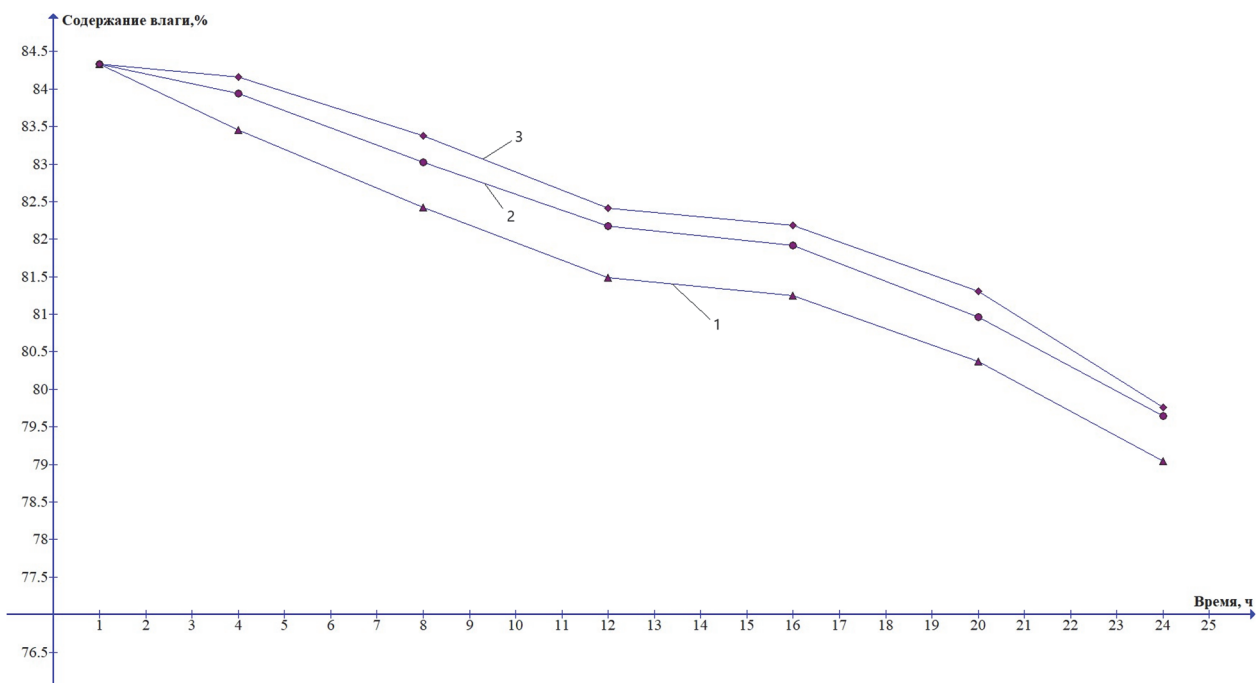


Рис. 4. График зависимости изменения влажности от времени посола при массовой доле соли 5 %:  
 1 – температура минус 20 °С; 2 – температура минус 15 °С;  
 3 – температура минус 10 °С

Fig. 4. Graph of the dependence of humidity changes on salting time at a mass fraction of salt of 5 %:  
 1 – temperature minus 20 °C; 2 – temperature minus 15 °C; 3 – temperature minus 10 °C



С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8962 - 1,1136\tau + 0,0067595\tau^2 - 0,001449\tau^3. \quad (3)$$

$$\text{Температура минус } 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8594 - 0,9494\tau + 0,05561\tau^2 - 0,001188\tau^3. \quad (4)$$

$$\text{Температура минус } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7469 - 0,7173\tau + 0,03492\tau^2 - 0,0006760\tau^3. \quad (5)$$

Формулы (3), (4), (5) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 20 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 1).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,8213 - 0,7986\tau + 0,04470\tau^2 - 0,0009898\tau^3. \quad (6)$$

$$\text{Температура минус } 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7975 - 0,6530\tau + 0,03476\tau^2 - 0,0007862\tau^3. \quad (7)$$

$$\text{Температура минус } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7463 - 0,5355\tau + 0,02537\tau^2 - 0,0005662\tau^3. \quad (8)$$

Формулы (6), (7), (8) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 15 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 2).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7521 - 0,5476\tau + 0,02555\tau^2 - 0,0005793\tau^3. \quad (9)$$

$$\text{Температура минус } 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7045 - 0,3723\tau + 0,01272\tau^2 - 0,0003134\tau^3. \quad (10)$$

$$\text{Температура минус } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7018 - 0,2921\tau + 0,006860\tau^2 - 0,0001659\tau^3. \quad (11)$$

Формулы (9), (10), (11) позволяют определить количество влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 10 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 3).

С использованием программы CurveExpert 1.4 получена формула, описывающая зависимость изменения количества влаги от времени просаливания:

$$\text{Температура минус } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7552 - 0,4411\tau + 0,02303\tau^2 - 0,0006037\tau^3. \quad (12)$$

$$\text{Температура минус } 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,7058 - 0,2896\tau + 0,01325\tau^2 - 0,0004126\tau^3. \quad (13)$$

$$\text{Температура минус } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad W = 84,6936 - 0,2275\tau + 0,00996\tau^2 - 0,0003712\tau^3. \quad (14)$$

Формулы (12), (13), (14) позволяют определить количества влаги в мышечной ткани минтая при посоле в течение 24 ч, при концентрации соли 5 % и температурах замораживания минус 10 °С, 15 °С, 20 °С, с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 4).

Суммируя данные, представленные на рис. 1–4, можно сделать вывод о зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой концентрации соли 5 %. Температура процесса также оказывает влияние на влажность – максимальные значения при минус 10 °С. Таким образом, регулируя температуру процесса низкотемпературного посола и массовую долю соли, возможно получать соленый полуфабрикат минтая различной влажности.

### Заключение

В ходе представленного исследования доказана возможность использования низкотемпературного сухого посола филе минтая для получения малосоленого полуфабриката с целью его дальнейшего использования в технологии сушеной и вяленой продукции. Экспериментально доказано, что на процесс просаливания мышечной ткани минтая при низкотемпературном сухом посоле оказывают влияние следующие факторы: массовая доля соли, температура и продолжительность процесса. Максимальное содержание соли в мышечной ткани

минтая составляет 5,55–6,50 % при продолжительности посола 24 ч. Более низкие температуры посола изменяют скорость просаливания в сторону замедления процесса. Увеличение массовой доли соли в процессе посола приводит к существенному возрастанию ее содержания в мышечной ткани минтая.

Выход соленого полуфабриката зависит от массовой доли соли (максимальный – при 5 %), температуры (максимальный – при минус 10 °С). Увеличение продолжительности процесса низкотемпературного посола приводит к снижению выхода соленого полуфабриката.

Установлены зависимости изменения влажности соленого полуфабриката минтая в процессе низкотемпературного посола от различных факторов (температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли), что позволяет утверждать о возможности получения соленого полуфабриката минтая различной влажности при помощи изменения температуры, продолжительности процесса и массовой доли соли. Максимальной влажностью характеризуется соленый полуфабрикат минтая при массовой доле соли 5 % и температуре минус 10 °С.

### Список источников

1. Репников Б. Т. Товароведение и биохимия рыбных товаров: учеб. пособие. М. : Дашков и К, 2008. 220 с. ISBN 978-591131-420-0.
2. Лутова А. П., Мустафаева В. М. Обоснование востребованности минтая на пищевом рынке // Материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. Петропавловск-Камчатский, 2023. С. 165–167.
3. Булатов О. А. Изменчивость состояния запасов и промысел минтая // Вопросы рыболовства. 2024. Т. 25, № 1. С. 7–28.
4. Колончин К. В., Павлова А. О., Бетин О. И., Яновская Н. В. Минтай как объект российского и мирового промысла // Труды ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 5–15. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2022-189-5-15>.
5. Купина Н. М., Баштовой А. Н., Павел К. Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310–319.
6. Богданов В. Д., Карпенко В. И., Норин Е. Г. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский, 2005. 264 с.
7. Ефимов А. А., Мустафаева В. М., Ефимова М. В., Чмышалов Б. А., Ващина Д. Д. Характеристика минтая как сырьевого объекта рыбной отрасли // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 28–29 апреля 2021 года. Ч. II. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2021. С. 67–71. EDN: OCVLJQ.
8. Шульгина Л. В., Акулин В. Н., Якуш Е. В., Караулова Е. П. Исследования ТИНРО в области технологий комплексной переработки минтая // Труды ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 210–221. DOI: [doi.org/10.36038/2307-3497-2022-189-210-221](https://doi.org/10.36038/2307-3497-2022-189-210-221).
9. Благонравова М. В., Грицаенко Л. Д. Уточнение классификации способов посола рыбы // Вестник КамчатГТУ. 2014. № 28. С. 45–49.
10. Богданов В. Д., Благонравова М. В. Обоснование технологии низкотемпературного посола лососевых // Рыбное хозяйство. 2005. № 5. С. 89–91.
11. Киселева Т. В., Кубович Е. Я., Коляда Л. Г., Тарасюк Е. В. Посол как способ консервирования мясопродуктов // Качество продукции, технологий и образования : материалы XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 71–73.
12. Благонравова М. В., Шелевая А. В. Обоснование сроков холодильного хранения горбуши низкотемпературного посола // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2012. № 19. С. 35–38.

13. Благонравова М. В., Шаповалова А. А. Обоснование технологической схемы низкотемпературного посола гольцов // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2012. № 20. С. 41–44.

14. Won Sik An Effect of chilled temperature and salt concentration on shelf life of herring (*clupea harengus*) // UNU Fisheries Training Programme. P. 48.

15. Белова М. П., Поддубная Е. Р. Разработка технологии низкотемпературного посола сардины тихоокеанской (иваси) // Балтийский морской форум : материалы XI Международного Балтийского морского форума: в 8 т. Калининград, 2023. С. 35–39.

16. Фатыхов Ю. А., Бестужев А. С., Балашов О. С., Суслов А. Э. Оценка качества рыбы низкотемпературного посола // Инновации в науке, образовании и бизнесе –2012 : материалы X Международной научной конференции: в 2 ч. 2012. С. 460–463.

17. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия. М. : Стандартиформ, 2010. 8 с.

18. Богданов В. Д., Симдянкин А. А., Назаренко А. В. Исследование теплофизических свойств дальневосточного трепанга при замораживании // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 4. С. 145–152.

19. ГОСТ 814-96. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Стандартиформ, 2010. 113 с.

### **Информация об авторах**

А. В. Табакаев – старший научный сотрудник научного управления.

О. В. Табакаева – доктор технических наук, профессор департамента пищевых наук и технологий ШБМ ДВФУ.

И. А. Сытник – ассистент.

А. А. Симдянкин – старший преподаватель.

### **Information about the authors**

A. V. Tabakaev – Senior Researcher at the Scientific Department.

O. V. Tabakaeva – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Medicine and Life Sciences FEFU.

I. A. Sytnik – Assistant.

A. A. Simdyankin – Senior Lecturer.

Статья поступила в редакцию 22.05.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 664:658.562

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-09

EDN: RVTWEN

### Обоснование нового сырья для дымогенерации при производстве копченой рыбной продукции

**Егор Геннадьевич Тимчук**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, timchuk.eg@dgtru.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

**Аннотация.** В качестве сырья для дымогенерации при осуществлении дымового копчения пищевой продукции традиционно используются такие ценные виды древесины, как дуб, бук, ольха, клен, липа, яблоня, вишня и др. Автором предложен новый источник генерации дыма в виде обрезков виноградной лозы.

Обрезки виноградной лозы являются основными отходами виноградарства. Традиционно обрезки виноградной лозы подвергаются сжиганию с целью утилизации, что наносит ущерб экологическому состоянию региона. Одним из возможных способов решения указанной проблемы является использование обрезков виноградной лозы в качестве сырья для дымового копчения рыбы.

Поэтому данная статья посвящена оценке измельченной лозы Амурского винограда *Vitis amurensis* в качестве сырья для дымообразования при горячем копчении тихоокеанской сельди. Для этого проведен сравнительный анализ органолептических показателей тихоокеанской сельди горячего копчения, изготовленной дымовым способом с использованием измельченной виноградной лозы и буковой щепы, проведен анализ химических показателей образцов тихоокеанской сельди горячего копчения и проведена сравнительная оценка качества опытных и контрольных образцов тихоокеанской сельди горячего копчения.

В экспериментальной работе использовали обрезки лозы Амурского винограда *Vitis amurensis* для генерации дыма при горячем копчении тихоокеанской сельди. В качестве объекта сравнения использовали тихоокеанскую сельдь горячего копчения, изготовленную с использованием буковой щепы.

**Ключевые слова:** новое сырье для дымогенерации, дымовое копчение, рыбная продукция

**Для цитирования:** Тимчук Е. Г. Обоснование нового сырья для дымогенерации при производстве копченой рыбной продукции // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 84–92.

## FOOD SYSTEMS

Original article

### Justification of new raw materials for smoke generation in the production of smoked fish products

**Egor G. Timchuk**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

**Abstract.** Such valuable types of wood as oak, beech, alder, maple, linden, apple, cherry and others are traditionally used as raw materials for smoke generation in the implementation of smoke smoking of food products. The author has proposed a new source of smoke generation in the form of vine clippings.

Vine pruning is the main waste of viticulture. Traditionally, vine clippings are burned for disposal, which damages the ecological condition of the region. One of the possible ways to solve this problem is to use vine clippings as raw materials for smoke smoking of fish.

Therefore, this article is devoted to the evaluation of the crushed vine of the Amur grape *Vitis amurénsis* as a raw material for smoke formation during hot smoking of Pacific herring. For this purpose, the analysis of the organoleptic parameters of the Pacific hot-smoked herring produced by the smoke method using crushed grapevine and beech chips was carried out, the analysis of the chemical parameters of the samples of the Pacific hot-smoked herring was carried out and a comparative assessment of the quality of the samples of the Pacific hot-smoked herring was carried out.

In the experimental work, pruning vines of the Amur grape *Vitis amurénsis* were used to generate smoke during hot smoking of Pacific herring. Hot-smoked Pacific herring made using beech chips was used as an object of comparison.

**Keywords:** grapevine, food smoking fish, raw materials for smoke generation

**For citation:** Timchuk E. G. Justification of new raw materials for smoke generation in the production of smoked fish products. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):84–92. (in Russ.).

## Введение

Деятельность в области виноградарства ведет к образованию достаточно большого количества обрезков виноградной лозы. Традиционно обрезки виноградной лозы подвергаются сжиганию с целью утилизации, что наносит ущерб экологическому состоянию региона. Если образовавшуюся после сжигания золу выбрасывают, то это ведет к постепенному обеднению почвы виноградников по причине изъятия из почвы в среднем около 12 кг азота, 7 кг фосфора и 14 кг калия с каждого гектара виноградника [1].

Одним из возможных способов решения указанной проблемы является использование обрезков виноградной лозы в качестве сырья для дымового копчения рыбы с последующим внесением образовавшейся золы в почву в качестве удобрения. Что способствует реализации нескольких национальных интересов Российской Федерации, а именно: сохранению природных ресурсов и рациональному природопользованию [2].

Вопросами рационального использования обрезков виноградной лозы занимались такие ученые, как: Скориков Н. А., Бейбулатов М. Р., Мишунова Л. А., Авидзба А. М., Борисенко М. Н., Скориков Н. А., Бейбулатов М. Р., Мишунова Л. А., Паламарчук Д. П., Андреев Т. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю. [3, 4, 5, 6]. Но данные работы посвящены разработкам устройств для измельчения обрезков лозы и последующего использования опилок для создания топливных брикетов или для внесения в почву как удобрение.

Вопросами расширения перечня сырья для дымового копчения занимались такие ученые, как Воскресенский Н. А., Курко В. И., Захаров В. Л., Шубкин С. Ю., Бунеев С. С., Сухарев И. Н. [7, 8, 9]. Но в данных работах такое сырье, как виноградная лоза, не рассматривалось.

Таким образом, целью работы являлась оценка измельченной лозы Амурского винограда *Vitis amurénsis* в качестве сырья для дымообразования при горячем копчении тихоокеанской сельди.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ нетрадиционного сырья, используемого для генерации дымовой среды при копчении;

- анализ качества тихоокеанской сельди горячего копчения, изготовленной дымовым способом с использованием измельченной виноградной лозы и буковой щепы;
- анализ безопасности на основе определения 3,4-бензо(а)пирена в тихоокеанской сельди горячего копчения, изготовленной дымовым способом с использованием измельченной виноградной лозы и буковой щепы;
- сравнительная оценка тихоокеанской сельди горячего копчения, изготовленной дымовым способом с использованием измельченной виноградной лозы и буковой щепы на основе обобщенного показателя качества и безопасности.

### **Материалы и методы исследования**

Копчение сельди тихоокеанской осуществляли по традиционной технологии на основе ТИ 72 «Инструкция по изготовлению рыбы горячего копчения» [10]. В качестве сырья использовали сельдь тихоокеанскую мороженую согласно ГОСТ 32910-2014 «Сельдь мороженая. Технические условия». В качестве источника для получения коптильной среды использовали щепу бука и измельченные обрезки лозы Амурского винограда *Vitis amurënsis*.

Суммарную органолептическую оценку полученных образцов сельди тихоокеанской горячего копчения проводили с использованием разработанной балльной шкалы на основе требований ГОСТ 812-2013 «Сельди горячего копчения. Технические условия» и классических методических приемов, описанных Сафроновой С. М. [10]. Безопасность полученных образцов сельди тихоокеанской горячего копчения определяли на основе идентификации 3,4-бензо(а)пирена на основе ГОСТ Р 51650-2000 «Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена» на основе применения спектрофлуориметрии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Обобщенный показатель качества и безопасности сельди тихоокеанской горячего копчения разрабатывали на основе методологии, основанной на применении функции желательности Харрингтона, методические аспекты разработки которой рассмотрены в работах [12, 13].

### **Результаты и их обсуждение**

Проблема поиска нового сырья для дымогенерации при копчении пищевой продукции занимает умы как зарубежных, так и отечественных ученых. В табл. 1 представлены результаты литературного обзора изысканий в этой области.

Анализ информации, представленной в табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что перечень сырья, используемого для дымогенерации при копчении, постоянно расширяется и актуальность поиска новых видов сырья для дымового копчения не ослабевает.

Для подтверждения гипотезы о возможности использования виноградной лозы в качестве сырья для дымогенерации при копчении рыбной продукции провели анализ качества контрольных и опытных образцов тихоокеанской сельди горячего копчения, изготовленных дымовым способом с использованием измельченной виноградной лозы (опытные образцы) и буковой щепы (контрольные образцы). Изготовление сельди горячего копчения включало следующие этапы: прием сырья, размораживание, мойку, сортирование, посол, накалывание на шомпола, копчение и охлаждение. При этом различия в изготовлении заключались только в применяемом сырье для целей дымогенерации. Режимы технологического процесса копчения представлены в табл. 2.

Продолжительность копчения составляла 110 мин, температура копчения варьировалась от 95 до 100 °С, размеры щепы варьировались от 8 до 10 мм, влажность щепы составляла 20 %, температура в зоне дымообразования составляла от 350 до 360 °С, коэффициент избытка воздуха в дымогенераторе составлял 0,4. Небольшое варьирование технологических режимов копчения связано с точностью регулировки технологического оборудования.

Таблица 1

**Сырье, используемое для генерации дымовой среды при копчении**

Table 1

**Raw materials used to generate a smoke environment during smoking**

Наименование сырья	Наименование обрабатываемого продукта	Вид копчения	Время обработки	Ссылка на источник
Кукурузные початки	Ханос	–	-	F. Swastawati [14]
Кукурузные початки	Скат	Горячее копчение	15 мин	F. Swastawati [15]
Скорлупа кокосового ореха	Сыр тофу, мясные шарики	Холодное копчение	1–3 дня	R. Purba [16]
Скорлупа масличной пальмы	Рыба-ворон	Горячее копчение	30 мин	S. S. Achmadi [17]
Скорлупа пальмоядровых орехов	Рыбные шарики	Горячее копчение	15 мин	M. Faisal [18]
Лимонник	Палочки из морского окуня	–	–	R. A. Leviyani [19]
Рисовая шелуха	Сыр тофу	Холодное копчение	2 дня	A. Andiana [20]
Скорлупа кедрового ореха, рябиновая щепка	Сельдь атлантическая	Холодное копчение	10 дней	Владимцева Т.М. [21]

Таблица 2

**Режимы технологического процесса копчения**

Table 2

**Modes of the technological process of smoking**

Наименование показателя	Опытный образец	Контрольный образец
Продолжительность копчения, мин	110	110
Сырье для дымогенерации	Измельченная лоза Амурского винограда	Буковая щепка
Фракция щепы, мм	8–10	8–10
Влажность щепы, %	20	20
Температура копчения, °С	95–100	95–100
Температура в зоне дымогенерации, °С	350–360	350–360
Коэффициент избытка воздуха в зоне дымогенерации	0,4	0,4

Результаты органолептической оценки качества сельди тихоокеанской горячего копчения представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты органолептического исследования сельди тихоокеанской  
горячего копчения**

Table 3

**The results of an organoleptic study of hot smoked Pacific herring**

Наименование показателя	Нормируемые значения показателей согласно ГОСТ 812-2013	Опытный образец (измельченная лоза Амурского винограда)	Контрольный образец (буковая щепка)
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, невлажная	Поверхность чистая, невлажная	Поверхность чистая, невлажная
Вкус	Свойственный данному виду сельди горячего копчения без посторонних привкусов	Сладковатый вкус с фруктовыми оттенками и легкой кислинкой. Свойственный данному виду сельди горячего копчения	Насыщенный вкус, свойственный данному виду сельди горячего копчения без посторонних привкусов
Запах	Свойственный данному виду сельди горячего копчения без постороннего запаха	Мягкий и тонкий аромат, свойственный данному виду сельди горячего копчения без постороннего запаха	Насыщенный запах, свойственный данному виду сельди горячего копчения без постороннего запаха
Цвет поверхности кожи	Золотистый, с оттенками от соломенно-желтого до темно-золотистого. Равномерный. Допускаются светлые пятна площадью не более 2 см <sup>2</sup>	Ярко-золотистый, равномерный	Темно-золотистый, равномерный
Консистенция	Плотная или мягкая, сочная. Допускается суховатая или незначительно крошащаяся	Мягкая, нежная, сочная	Мягкая, нежная, сочная

Проанализировав данные, представленные в табл. 3, можно прийти к следующим выводам. В обоих случаях образцы сельди тихоокеанской горячего копчения имели чистую, невлажную поверхность и мягкую, нежную и сочную консистенцию. Основные отличия возникли во время оценки вкуса, запаха и цвета образцов. Химический состав буковой щепки и измельченной лозы Амурского винограда существенно отличался, что оказывало существенное влияние на биохимические процессы формирования свойств готового копченого изделия.

Буковая щепка содержит существенное количество карбонильных соединений, таких как альдегиды, кетоны и фенолы. Среди фенолов можно выделить дубильные соединения, в первую очередь танины. Танины придали сельди насыщенный запах и вкус. Темно-золотистый оттенок поверхности сельди связан с прошедшими карбониламиными реакциями между карбонильными соединениями дымовоздушной среды и белками поверхности кожи сельди. Продуктами этой реакции являются основания Шиффа, которые под действием температуры подвергаются дальнейшим превращениям, образуя более сложные соединения, такие как гетероциклические соединения, пирролы и фураны.

Измельченная лоза Амурского винограда содержит сахара, такие как глюкоза, фруктоза и сахароза, и органические кислоты: яблочную, винную, лимонную и щавелевую [22]. Особенности такого химического состава влияют как на образование цвета, так и вкуса готового копченого изделия. Это связано с тем, что сахара участвуют в реакции Майяра, влияя на об-



разование вкуса и цвета готового изделия, а органические кислоты непосредственно придают кислый оттенок вкусу копченого продукта.

Анализ безопасности готовых изделий сельди тихоокеанской горячего копчения осуществляли на основе определения 3,4-бензо(а)пирена. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты определения 3,4-бензо(а)пирена в образцах сельди тихоокеанской горячего копчения**

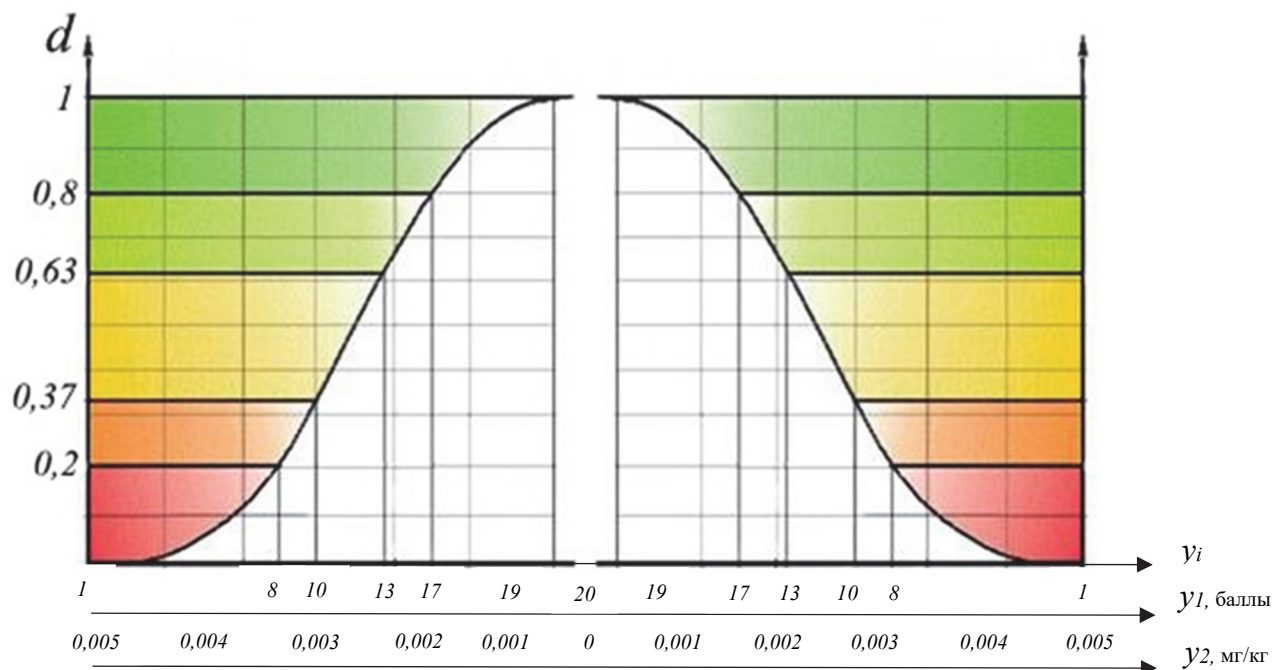
Table 4

**Results of determination of 3,4-benzo(a)pyrene in samples hot smoked Pacific herring**

Наименование показателя	Опытный образец	Контрольный образец
Содержание 3,4-бензо(а)пирена, мг/кг	0,001	0,001

Анализ безопасности образцов сельди тихоокеанской горячего копчения на основе определения 3,4-бензо(а)пирена показал, что исследуемые опытные и контрольные образцы соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», и содержание в них 3,4-бензо(а)пирена не превышает предельного количества в 0,005 мг/кг.

С целью ранжирования качества и безопасности опытных и контрольных образцов сельди тихоокеанской горячего копчения была разработана модель оценки качества и безопасности сельди горячего копчения, представленная на рисунке. Модель позволяет оценить качество и безопасность сельди горячего копчения по таким показателям, как суммарная органолептическая оценка и содержание 3,4-бензо(а)пирена. Выбор содержания 3,4-бензо(а)пирена в качестве единственного показателя безопасности связан с тем, что он непосредственно связан с процессом копчения.



Модель оценки качества и безопасности сельди тихоокеанской горячего копчения.

Составлено автором

A model for evaluating the quality and safety of Pacific hot smoked herring

Суммарная органолептическая оценка образцов сельди горячего копчения ограничивалась верхним пределом в 20 баллов, что по шкале желательности составило 1 у.е. вербальной оценки «очень хорошо». Нижний предел шкалы частной желательности показателя содержания 3,4-бензо(а)пирена ограничен 0,005 мг/кг, что по шкале желательности составляло 0 у.е. вербальной оценки «очень плохо». Разработанная модель позволила ранжировать качество и безопасность сельди горячего копчения в относительных единицах, табл. 5.

Таблица 5

**Результаты ранжирования качества и безопасности опытных и контрольных образцов сельди тихоокеанской горячего копчения**

Table 5

**The results of ranking the quality and safety of experimental and control samples of hot smoked Pacific herring**

Наименование показателя	Натуральные значения		Относительные значения	
	Опытный образец	Контрольный образец	Опытный образец	Контрольный образец
Суммарная органолептическая оценка	19,3 баллов	19,7 баллов	0,97 у.е.	0,98 у.е.
Содержание 3,4-бензо(а)пирена	0,001 мг/кг	0,001 мг/кг	0,90 у.е.	0,90 у.е.
Обобщенный показатель качества и безопасности	–	–	0,93 у.е.	0,93 у.е.

Результаты ранжирования качества и безопасности опытных и контрольных образцов сельди тихоокеанской горячего копчения позволили сделать вывод о том, что и опытные, и контрольные образцы сельди горячего копчения находились на одинаковом уровне качества и безопасности, что позволяет рекомендовать использование лозы Амурского винограда в качестве сырья для дымового копчения тихоокеанской сельди.

### **Заключение**

Оценка качества и безопасности образцов сельди горячего копчения, изготовленных с использованием буковой щепы (контрольные образцы) и обрезков лозы Амурского винограда (опытные образцы), позволила рекомендовать лозу Амурского винограда в качестве сырья для дымового копчения сельди тихоокеанской.

Можно также предположить возможность использования измельченных лоз и других сортов винограда для дымового копчения рыбы. Но данное предположение нуждается в дополнительных исследованиях, так как химический состав различных сортов лоз винограда достаточно широко варьируется.

Использование лозы винограда в качестве сырья для дымогенерации при копчении рыбы, с одной стороны, расширит ассортимент как сортов коптильной щепы, так и готовой копченой продукции. С другой стороны, позволит более рационально использовать такой природный ресурс, как виноградная лоза.

### **Список источников**

1. Рекомендации по технологии использования виноградной лозы в качестве органического удобрения. Ялта, 1983. 19 с.

2. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401325792/?ysclid=lufab9bv6a309789336> (дата обращения : 29.03.2024).
3. Скориков Н. А., Бейбулатов М. Р., Мишунова Л. А. Эколого-экономические и агротехнологические аспекты утилизации обрезков виноградной лозы // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2016. Т. 2(68), № 2. С. 123–131.
4. Авидзба А. М., Борисенко М. Н., Скориков Н. А., Бейбулатов М. Р., Мишунова Л. А. Инновационная технология утилизации обрезков лоз // Виноградарство и виноделие. 2016. Т. 46. С. 23–25.
5. Паламарчук Д. П. Целесообразность использования топливных брикетов в условиях Крыма на примере виноградной лозы // Научные исследования молодых ученых: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 ч. 2020. С. 73–75.
6. Андреев Т. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю. Технический потенциал отходов садоводства и виноградарства для сельскохозяйственных регионов России // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции ; под ред. Л. И. Лукиной, Н. В. Ляминой. 2019. С. 160–163.
7. Воскресенский Н. А. Посол, копчение и сушка рыбы. М. : Пищ. пром-сть, 1966. 548 с.
8. Курко В. И. Химия копчения. М. : Пищ. пром-сть, 1969. 343 с.
9. Захаров В. Л., Шубкин С. Ю., Бунеев С. С., Сухарев И. Н. Анализ содержания БАВ в древесине пород ЦЧР как сырья для копчения // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 112–119.
10. Сафронова Т. М. Теория и практика сенсорной оценки качества рыбных продуктов Технология переработки гидробионтов: междунар. конф. М. : ВНИРО, 1994. С. 45–49.
11. Сборник технологических инструкций по обработке рыбы / под ред. А. Н. Белогурова, М. С. Васильевой. М. : Колос, 1994. С. 313–326.
12. Афанасьева П. В., Ким Э. Н., Тимчук Е. Г. Методический подход к оценке качества пищевых продуктов // Перспективные направления взаимодействия науки и общества в целях инновационного развития : сборник материалов Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 16–19.
13. Ким Э. Н., Тимчук Е. Г., Глебова Е. В., Лаптева Е. П., Заяц Е. А. Модель оценки качества и безопасности копченой рыбной продукции // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 3. С. 135–142.
14. Swastawati F., Boesono H., Susanto E. and Setyastuti A. I. Changes of Amino Acids and Quality in Smoked Milkfish [*Chanos chanos* (Forsk.)] Processed by Different Redestillation Methods of Corncob Liquid Smoke, *Aquat. Procedia*. 2016. Vol. 7. P. 100–105.
15. Swastawati F., Susanto E., Cahyono B. and Trilaksono W. A. Sensory Evaluation and Chemical Characteristics of Smoked Stingray (*Dasyatis Blekeery*) Processed by Using Two Different Liquid Smoke, *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinforma.* 2012. Vol. 2, no. 3. P. 212–216. DOI: 10.7763/ijbbb.2012.v2.103.
16. Purba R., Suseno S. H., Izaki A. F. and Muttaqin S. Application of Liquid Smoke and Chitosan as Natural Preservatives for Tofu and Meatballs, *Int. J. Appl. Sci. Technol.* 2014. Vol. 4, no. 2. P. 212–2017.
17. Achmadi S. S., Mubarik N. R., Nursyamsi R. and Septiaji P. Characterization of Redistilled Liquid Smoke of Oil-palm Shell and its Application as Fishk Preservatives, *J. Appl. Sci.* 2013. Vol. 13, no. 3. P. 401–408.
18. Faisal M. and Gani A. The effectiveness of liquid smoke produced from palm kernel shells pyrolysis as a natural preservative in fish balls, *Int. J. GEOMATE*. 2018. Vol. 15, no. 47. P. 145–150.

19. Leviyani R. A., Kurniasih R. A. and Swastawati F. Application of Liquid Smoke for Chikuwa tilapia, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2019. Vol. 246, no. 1.

20. Andiana A., Aini N. and Karseno K. Produk Enkapsulasi Asap Cair Sekam Padi Dan Aplikasinya Untuk Mengawetkan Tahu Putih, *J. Agroteknologi.* 2019. Vol. 13, no. 02. P. 180. DOI: 10.19184/j-agt.v13i02.13994.

21. Владимцева Т. М., Козина Е. А. Использование местного растительного сырья при холодном копчении рыбы // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 163–171.

22. Киселева Т. Ф., Зайцева И. С., Пеков Д. Б., Бабий Н. В. Выявление предпосылок комплексной переработки плодово-ягодного сырья сибирского региона // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 3(14). С. 7–11.

### **Информация об авторе**

Е. Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

### **Information about the author**

E. G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 17.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 08.04.2024; approved after reviewing 17.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 93–102.  
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 68, no 2. P. 93–102.

## РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.2

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-10

EDN: SEBUSM

### Анализ добычи командорского кальмара за 2023 г.

**Нина Сергеевна Иванко<sup>1</sup>, Светлана Владимировна Лисиенко<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> ivns@mail.ru

<sup>2</sup> lisienkosv@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследования работы добывающего флота на промысле командорского кальмара в промысловых зонах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Исследования проводились для промыслового объекта командорский кальмар. Период исследования – 2023 г.

**Ключевые слова:** командорский кальмар, период промысловой доступности, средней суточный вылов, добывающий флот

**Для цитирования:** Иванко Н. С., Лисиенко С. В. Анализ добычи командорского кальмара за 2023 г. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 93–102.

## FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

### Analysis of *Beryteuthis magister* production in 2023

**Nina S. Ivanko<sup>1</sup>, Svetlana V. Lisienko<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> ivns@mail.ru

<sup>2</sup> lisienkosv@mail.ru

**Abstract.** The results of a study of the work of the mining fleet in the *Beryteuthis magister* fishery in the commercial zones of the Far Eastern Fisheries Basin are presented. The research was carried out for the *Beryteuthis magister* fishing facility. The study period is 2023.

**Keywords:** *Beryteuthis magister*, fishing availability period, average daily catch, mining fleet

**For citation:** Ivanko N. S., Lisienko S. V. Analysis of *Beryteuthis magister* production in 2023. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):93–102. (in Russ.).

## Введение

При промышленной добыче водных биологических ресурсов необходимо учитывать различные факторы, влияющие на суммарный объем полученного улова. Среди наиболее часто исследуемых факторов выделяется период промысловой доступности объекта, т.е. время в течение календарного года, когда биоресурсы доступны для промышленного лова, и средний суточный вылов, например, для разного типа судов. Полученные в результате такого исследования сведения могут быть использованы при планировании добычи биоресурсов на последующих периодах.

## Объекты и методы исследований

Командорский кальмар является основным промысловым объектом среди головоногих, добыча которых ведется в водах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Специализированный промысел данного вида кальмара ведется только в водах России. Согласно исследованиям командорский кальмар обитает в Беринговом и Охотском морях и водах северной части Тихого океана [1–3]. В настоящее время для промышленного лова командорского кальмара используются донные тралы.

Добыча командорского кальмара ведется в пяти зонах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Основной зоной для добычи кальмара является Северо-Курильская. В этой зоне устанавливаются общие допустимые уловы (ОДУ) на добычу (вылов) командорского кальмара как промыслового объекта. Исследования объемов ОДУ и вылова командорского кальмара в промысловых зонах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна были проведены авторами ранее [4]. В данной статье рассматриваются работы промыслового флота по добыче командорского кальмара для каждой зоны или подзоны, в которых ведется его добыча, отдельно.

## Результаты и их обсуждения

На командорский кальмар в Западно-Беринговоморской зоне объемы ОДУ не устанавливаются. Рекомендованный объем добычи (вылова) составлял 24 998,2 т [5, 6].

Объем добычи составил 213,209 т [7], таким образом, процент освоения рекомендованных объемов добычи составил 0,85 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 1.

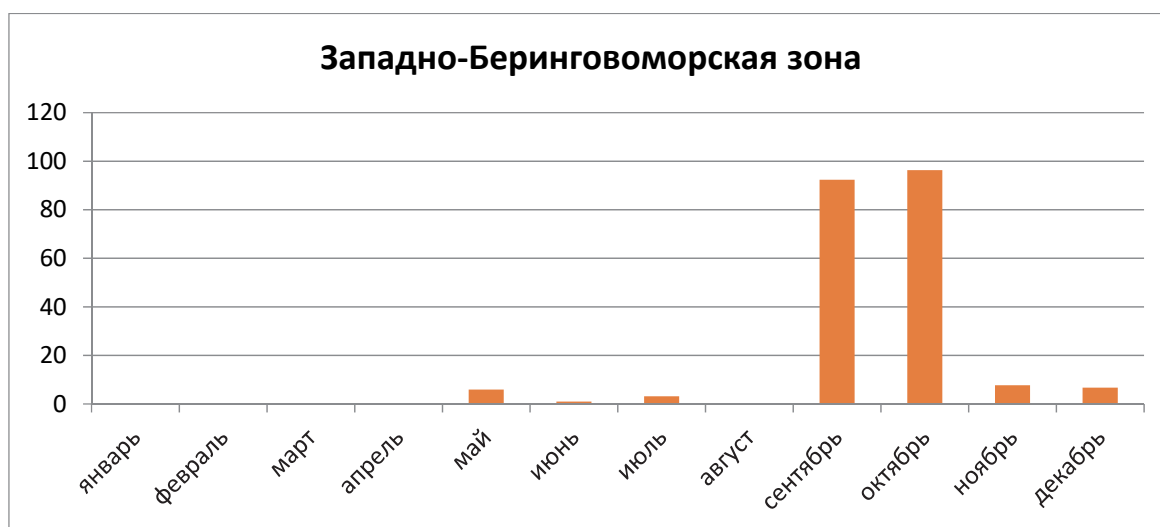


Рис. 1. Динамика добычи командорского кальмара в Западно-Беринговоморской зоне в 2023 г., т. Составлено авторами

Fig. 1. Dynamics of *Berryteuthis magister* production in the West Bering Sea zone in 2023, tons

В Западно-Беринговоморской зоне в течение года работали суда трех типов: БМРТ, РТМ и СРТМ.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вели два судна типа БМРТ от двух разных предприятий-судовладельцев. Первое судно работало в мае, июне и июле, среднесуточный вылов для этого судна по указанным месяцам составил 0,944 т, 0,931 т, 3,142 т. Второе судно работало только в сентябре, и его среднесуточный вылов составил 2,116 т. Указанный объем среднесуточного вылова для судов типа БМРТ очень мал.

Также в зоне добычу командорского кальмара вели два судна типа РТМ от одного предприятия-судовладельца. Первое судно работало в мае, среднесуточный вылов для этого судна составил 0,460 т. Второе судно работало в декабре, и среднесуточный вылов составил 0,666 т.

Наибольшее количество судов, работавших в зоне, относятся к типу СРТМ, всего в течение года работало одиннадцать судов от пяти предприятий-судовладельцев. В феврале и мае работали по одному судну, среднесуточный вылов составил 0,146 т и 0,738 т. Наибольшее число судов работало в сентябре (восемь судов от пяти предприятий-судовладельцев) и октябре (семь судов от пяти предприятий-судовладельцев), среднесуточный вылов в эти месяцы составил 2,936 т и 2,048 т соответственно. В ноябре работали два судна от двух предприятий-судовладельцев, среднесуточный вылов составил 0,696 т. В декабре работали четыре судна от трех предприятий-судовладельцев, среднесуточный вылов составил 0,503 т.

В течение года добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 8 месяцев. Максимальный вылов приходится на сентябрь и октябрь, суммарный объем добычи в эти месяцы составил 92,325 т и 96,272 т соответственно. Вылов в феврале и июне составлял менее 1 т, в мае и июле – 5,896 т и 3,142 т соответственно. Немного больше суммарный вылов был в ноябре и декабре 7,661 т и 6,690 т соответственно.

Таким образом, степень освоения рекомендованных объемов добычи командорского кальмара в Западно-Беринговоморской зоне составила менее 1 %, наиболее благоприятные месяцы для промысла в данной зоне – сентябрь и октябрь.

На командорский кальмар в Карагинской подзоне Восточно-Камчатской зоны объемы ОДУ не устанавливаются. Рекомендованный объем добычи (вылова) составлял 14 999,7 т [5, 6].

Объем добычи составил 138,447 т [7], таким образом, процент освоения рекомендованных объемов добычи составил 0,92 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 2.

В Карагинской подзоне Восточно-Камчатской зоны в течение года работали суда трех типов: БМРТ, РТМ и СРТМ.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вели пять судов типа БМРТ от четырех разных предприятий-судовладельцев. По одному судну работали в мае, сентябре и декабре, среднесуточный вылов в эти месяцы составил 1,481 т, 1,488 т и 0,883 т соответственно. Два судна от одного предприятия-судовладельца работали в ноябре, среднесуточный вылов составил 1,194 т.

Также в зоне добычу командорского кальмара вело одно судно типа РТМ. Это судно работало только в декабре и среднесуточный вылов составил 0,296 т.

Наибольшее количество судов, работавших в зоне, относятся к типу СРТМ, всего в течение года работало десять судов от семи предприятий-судовладельцев. В мае, июле, августе работало по одному судну, среднесуточный вылов составил 1,819 т, 2,478 т и 0,647 т. Наибольшее число судов работало в октябре (семь судов от пяти предприятий-судовладельцев), ноябре (шесть судов от трех предприятий-судовладельцев) и сентябре (пять судов от трех предприятий-судовладельцев), среднесуточный вылов в эти месяцы составил 1,979 т, 2,399 т и 1,852 т соответственно.

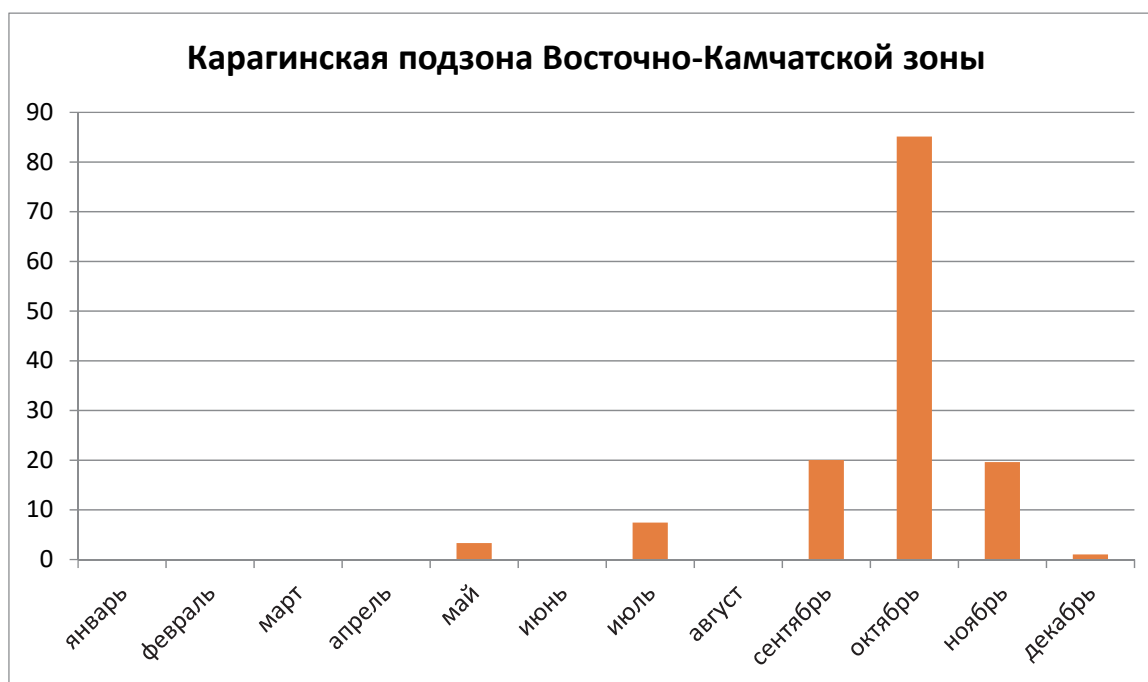


Рис. 2. Динамика добычи командорского кальмара в Карагинской подзоне Восточно-Камчатской зоны в 2023 г., т. Составлено авторами

Fig. 2. Dynamics of *Berryteuthis magister* production in the Karaginsky subzone of the East Kamchatka zone in 2023, tons

За год добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 7 месяцев. Максимальный вылов приходится на октябрь, суммарный объем добычи в этот месяц составил 85,113 т. Суммарный вылов в сентябре и ноябре составил 20,011 т и 19,584 т соответственно, суммарный вылов в июле составил 7,434 т, в мае – 3,3 т, а в августе и декабре суммарный вылов не превысил 1 т.

Таким образом, степень освоения рекомендованных объемов добычи командорского кальмара в Карагинской подзоне Восточно-Камчатской зоны составила менее 1 %, наиболее благоприятные месяцы для добычи командорского кальмара в данной зоне – осенние месяцы (с сентября по ноябрь).

На командорский кальмар в Петропавловско-Командорской подзоне Восточно-Камчатской зоны устанавливаются объемы ОДУ в размере 15 000 т ежегодно [5].

Объем добычи составил 954,894 т [7] с учетом объемов разрешенных приловов и выловов, осуществляемых в рамках инвестиционных квот, выданных на добычу в Северо-Курильской зоне, но для Северо-Курильской зоны и Петропавловско-Командорской подзоны разрешено перераспределение объемов добычи без превышения суммарных объемов добычи, таким образом, процент освоения ОДУ составил 6,37 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 3.

В Петропавловско-Командорской подзоне Восточно-Камчатской зоны в течение года работали суда трех типов: БМРТ, РТМ и СРТМ, в том числе суда типов БМРТ и СРТМ на добыче кальмаров по инвестиционным квотам, также зафиксирован разрешенный прилов на судах типа РС, СТР и РТМС.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вели пять судов типа БМРТ от одного предприятия-судовладельца. Три судна работали в августе, среднесуточный вылов составил 1,853 т. Два других судна работали в сентябре, среднесуточный вылов составил 1,72 т. Также



два месяца в сентябре и октябре работало судно на добыче кальмара по инвестиционным квотам, среднесуточный вылов этого судна составил 54,176 т в сентябре и 58,763 т в октябре. Таким образом, если учитывать все виды квот, то среднесуточный вылов в сентябре составил 42,519 т.

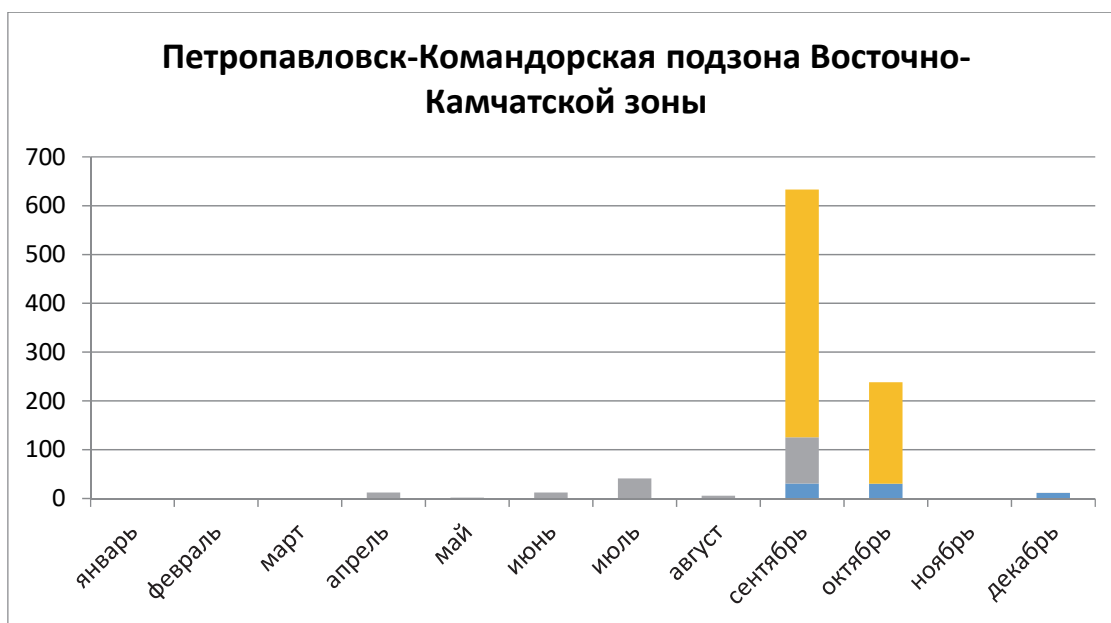


Рис. 3. Динамика добычи командорского кальмара в Петропавловско-Командорской подзоне Восточно-Камчатской зоны в 2023 г., т. Составлено авторами

Fig. 3. Dynamics of *Berryteuthis magister* production in the Petropavlovsk-Komandorskaya subzone of the East Kamchatka zone in 2023, tons

Также в зоне добычу командорского кальмара вели два судна типа РТМ от одного предприятия-судовладельца. Эти суда работали по одному в апреле, мае, июне и декабре, среднесуточный вылов судов за эти месяцы составил 5,171 т, 0,576 т, 0,672 т и 0,084 т соответственно.

Наибольшее количество судов, работавших в зоне, это суда типа СРТМ, всего в течение года работало девять судов от шести предприятий-судовладельцев, в том числе одно из судов работало по инвестиционным квотам. В мае, июле и декабре работали по одному судну, среднесуточный вылов составил 1,149 т, 41,082 т и 11,46 т. По три судна работали в июне и сентябре, среднесуточный вылов в эти месяцы составил 2,925 т и 11,400 т соответственно. Также два месяца в сентябре и октябре работало судно на добыче кальмара по инвестиционным квотам, среднесуточный вылов этого судна составил 11,676 т в сентябре и 30,112 т в октябре. Таким образом, если учитывать все виды квот, то среднесуточный вылов в сентябре составил 11,560 т.

В январе, сентябре, октябре и декабре были зафиксированы разрешенные приловы, среднесуточный вылов приловов не превышал 3,8 т для судов типа РС в декабре, 0,694 т и 1,778 т – в сентябре и октябре для судов типа СТР, 1,423 т – в сентябре для судов типа РТМС. Таким образом, прилов был зафиксирован в осенне-зимний период.

В течение года добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 7 месяцев с апреля по октябрь. Максимальный вылов приходится на сентябрь и октябрь, суммарный объем добычи в сентябре составил 632,874 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 507,666 т, в октябре – 238,093 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 207,861 т. Суммарный вылов в июле составил 41,082 т, в апреле, июне и декабре суммарный вылов был около 12 т в месяц, в августе – около 5,5 т, в мае – менее 2 т.

Таким образом, степень освоения рекомендованных объемов добычи командорского кальмара в Петропавловско-Командорской подзоне Восточно-Камчатской зоны составила 6,37 %, наиболее благоприятные месяцы для добычи командорского кальмара в данной зоне – с апреля по октябрь.

На командорский кальмар в Северо-Курильской зоне устанавливаются объемы ОДУ в размере 85 000 т ежегодно, из них 83 002,012 т для осуществления промышленного и прибрежного рыболовства и 1 997, 488 т на инвестиционные цели для осуществления промышленного и прибрежного рыболовства [5, 8].

Объем добычи составил 80 578,74 т [7] с учетом объемов разрешенных приловов и выловов, осуществляемых в рамках инвестиционных квот, таким образом, процент освоения ОДУ составил 94,80 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 4.



Рис. 4. Динамика добычи командорского кальмара в Северо-Курильской зоне в 2023 г., т.  
Составлено авторами

Fig. 4. Dynamics of *Berryteuthis magister* production in the North Kuril zone in 2023, tons

В Северо-Курильской зоне в течение года работали суда пяти типов: БМРТ, РТМ, СРТМ, МРКТ и ТСМ, в том числе одно судно типа СРТМ на добыче кальмаров по инвестиционным квотам. Наибольшее количество судов типа СРТМ, их было 26 единиц, и суда типа БМРТ, таких судов было 19. Количество судов типа РТМ, МРКТ и ТСМ было 5, 2 и 1 соответственно, что значительно меньше, чем два других типа судов.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вели девятнадцать судов типа БМРТ от восьми предприятий-судовладельцев с апреля по декабрь. В апреле работали два судна, и среднесуточный вылов составил 3,07 т. В мае и ноябре число работавших в зоне судов было девять, и среднесуточный вылов составлял 21,907 т и 32,977 т соответственно. В июне и декабре работали по восемь судов, среднесуточный вылов составлял 30,866 т и 21,094 т. В октябре число работавших судов составляло тринадцать, среднесуточный вылов судна был 43,14 т. Наибольшее число судов на добыче кальмаров было в августе и сентябре, по пятнадцать судов, среднесуточный вылов в эти месяцы составлял 25,687 т и 31,755 т.

Наибольшее количество судов, работавших в зоне, это суда типа СРТМ, всего в течение года работало двадцать шесть судов от двадцати двух предприятий-судовладельцев, в том числе одно судно работало по инвестиционным квотам. В марте работало только одно судно, и его среднесуточный вылов составил 5,613 т. В мае количество судов увеличилось до пяти, среднесуточный вылов составил 7,133 т. В мае, октябре и ноябре работали по восемь судов, среднесуточный вылов составил 10,85 т, 14,601 т и 13,906 т соответственно. В июне, июле, сентябре работали по тринадцать судов, среднесуточный вылов составил 18,182 т, 38,305 т и 13,370 т соответственно. Наибольшее количество судов было зафиксировано в августе, и составило девятнадцать единиц, среднесуточный вылов – 21,738 т. Также в августе, сентябре, октябре и декабре работало судно на добыче кальмара по инвестиционным квотам, среднесуточный вылов этого судна по месяцам немного отличался от среднесуточного вылова других судов в указанные месяцы и составил 13,056 т, 17,602 т, 17,858 т и 16,559 т соответственно.

С мая по сентябрь зафиксирована работа судна типа ТСМ, среднесуточный вылов данного судна составил 8,884 т в мае, 4,48 т – в июне, 1,12 т – в июле, 4,664 т – в августе и 11,44 т – в сентябре.

С августа по октябрь вели добычу командорского кальмара два судна типа МРКТ. Среднесуточный вылов этих судов составил 25,14 т в августе, 20,306 т – в сентябре и 7,993 т – в октябре.

В течение года добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 10 месяцев с марта по декабрь. Минимальный суммарный вылов наблюдался в марте и составил 23,599 т, в апреле суммарный вылов увеличился до 303,757 т. С мая по декабрь ежемесячный суммарный вылов был значительно больше, чем в апреле. В мае суммарный вылов составил 3707,29 т, в июне – 11092,52 т, в июле – 12621,41 т. Максимальный суммарный объем добычи был в августе и составил 14920,245 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 26,111 т. В сентябре суммарный объем добычи составил 13900,082 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 475,265 т. В октябре суммарный объем добычи составил 13207,523 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 213,42 т. В ноябре суммарный объем добычи составил 6306,909 т. В декабре суммарный объем добычи составил 4493,784 т, из которых по инвестиционным квотам добыто 99,356 т.

Таким образом, степень освоения рекомендованных объемов добычи командорского кальмара в Северо-Курильской зоне составила почти 95 %, наиболее благоприятные месяцы для добычи командорского кальмара в данной зоне с мая по декабрь.

На командорский кальмар в Южно-Курильской зоне устанавливаются объемы ОДУ в размере 10 000 т ежегодно, из них 9 999,2 т – для осуществления промышленного и прибрежного рыболовства [5,8].

Объем добычи составил 9 495,243 т [7] с учетом объемов разрешенных приловов, таким образом, процент освоения ОДУ составил 94,96 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 5.

В Южно-Курильской зоне в течение года работали суда трех типов: БМРТ, РТМ и СРТМ, в том числе суда типов БМРТ и СРТМ на добыче кальмаров по инвестиционным квотам, также зафиксирован разрешенный прилов на судах типа РС, СТР и РТМС.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вели два судна типа БМРТ от одного предприятия-судовладельца. Одно судно работало в октябре, среднесуточный вылов составил 15 т. Два судна работали в ноябре, среднесуточный вылов составил 28,775 т.

Также в зоне добычу командорского кальмара вели пять судов типа РТМ от одного предприятия-судовладельца. Все суда работали в августе и сентябре, среднесуточный вылов судов за эти месяцы составил 18,935 т и 31,047 т соответственно. В октябре количество судов снизилось до четырех, а среднесуточный вылов на одно судно увеличился до 40,563 т. В ноябре количество судов было три, а среднесуточный вылов на одно судно 36,191 т. В декабре количество судов было два, а среднесуточный вылов на одно судно 67,896 т.



Рис. 5. Динамика добычи командорского кальмара в Южно-Курильской зоне в 2023 г., т. Составлено авторами  
Fig. 5. Dynamics of *Berryteuthis magister* production in the South Kuril zone in 2023, tons

Наибольшее количество судов, работавших в зоне, это суда типа СРТМ, всего в течение года работало десять судов от четырех предприятий-судовладельцев. В мае и июне работало по одному судну, среднесуточный вылов составил 2,767,149 т и 32,43 т. По два судна работали в июле и декабре, среднесуточный вылов в эти месяцы составил 9,208 т и 45,072 т соответственно. В августе количество судов было четыре, среднесуточный вылов составлял 20,166 т. Максимальное число судов было в сентябре – семь, среднесуточный вылов в сентябре был 20,792 т. По три судна работали в октябре и ноябре, среднесуточный вылов судов в эти месяцы составил 19,812 т и 25,529 т соответственно.

В апреле, июле, августе и сентябре были зафиксированы разрешенные приловы, среднесуточный вылов приловов не превышал 2,5 т для судов типа РС, 0,808 т для судов типа РТМС и 2,353 т – для судов типа СТР.

В течение года добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 8 месяцев (с мая по декабрь). Максимальный вылов приходится на октябрь, суммарный объем добычи в октябре составил 3117,73 т. Суммарный вылов в августе составил 1395,555 т, в сентябре – 2081,858 т, в ноябре – 1789,916 т, в декабре – 993,316 т. Значительно меньший суммарный объем вылова был в мае, июне и июле – 2,767 т, 65,86 т и 48,141 т соответственно.

Таким образом, для добычи командорского кальмара в Южно-Курильской зоне выделяется период с августа по декабрь.

На командорский кальмар в подзоне Приморья зоны Японское море объемы ОДУ не устанавливаются. Рекомендованный объем добычи (вылова) составлял 7 500 т [5, 6].

Объем добычи составил 763,913 т [7], таким образом, процент освоения рекомендованных объемов добычи составил 10,19 %.

Динамика добычи в течение года представлена на рис. 6.

В подзоне Приморья зоны Японского моря в течение года работали суда трех типов: РС, СТР и СРТМ.

Всего в зоне добычу командорского кальмара вело 1 судно типа РС. Судно работало в январе и феврале, среднесуточный вылов судна по указанным месяцам составил 0,138 т и 0,089 т соответственно.



Рис. 6. Динамика добычи командорского кальмара в подзоне Приморья зоны Японское море в 2023 г., т. Составлено авторами

Fig. 6. Dynamics of Berryteuthis magister production in the Primorye subzone of the Sea of Japan zone in 2023, tons

Также в подзоне добычу командорского кальмара вели 2 судна типа СРТМ от двух предприятий-судовладельцев. Первое судно работало в июле, среднесуточный вылов для этого судна составил 5,331 т. Второе судно работало в октябре, и среднесуточный вылов составил 1,527 т.

Наибольшее количество судов, работавших в подзоне, относятся к типу СТР, всего в течение года работало двенадцать судов от трех предприятий-судовладельцев. В январе работали три судна, их среднесуточный вылов составил 0,208 т. В феврале количество судов было два, и среднесуточный вылов на одно судно составлял 0,07 т, в мае работало одно судно, среднесуточный вылов составил 0,1 т. В августе работали два судна, среднесуточный вылов – 1,901 т. Наибольшее число судов работало в сентябре и октябре по семь судов, среднесуточный вылов в эти месяцы составил 5,822 т и 2,945 т соответственно.

В течение года добыча командорского кальмара зафиксирована в течение 6 месяцев. Максимальный вылов приходится на сентябрь и октябрь, суммарный объем добычи в эти месяцы составил 489,021 т и 249,016 т соответственно. В августе суммарный вылов составил 18,641 т. Суммарный вылов в январе составлял менее 5 т, в феврале – 2 т, в марте – 0,1 т.

Таким образом, для добычи командорского кальмара в подзоне Приморья зоны Японского моря выделяется период с сентября по октябрь.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что для работы на промысле командорского кальмара использование крупнотоннажных судов типа БМРТ не является оптимальным. Наибольший средний суточный вылов, при анализе работы судов типа БМРТ в различных промысловых зонах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, составил 59 т, что более чем в три раза ниже производственных мощностей судов данного типа. Наиболее эффективным в этом плане будет использование судов, относящихся к группе среднетоннажных судов, например, судов типа СРТМ, средний суточный вылов которых может достигать значений 45 т, а при учете периодов промысловой доступности командорского кальмара в промысловой зоне и значений до 60 т в сутки.

### Список источников

1. Алексеев, Д. О. Пространственная биология командорского кальмара : дис. ... доктора биологических наук : 03.02.10 / Алексеев Дмитрий Олегович; [Место защиты: ФГБНУ «Все-российский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»]. Москва, 2020. 391 с.
2. Федорец, Ю. А. Командорский кальмар *Berryteuthis Magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей : Распределение, биология, промысел : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18. Владивосток, 2006. 283.
3. Алексеев Д. О. Пространственно-функциональная структура популяций кальмаров рода *Berryteuthis* в дальневосточных морях России // Труды ВНИРО. 2022. Т. 188. С. 13–48. DOI: doi.org/10.36038/2307-3497-2022-188-13-48.
4. Иванко Н. С., Лисиенко С. В. Анализ освоения кальмаров Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в 2017–2021 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 60, № 2. С. 23–32.
5. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «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» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 14.04.2024).
6. Освоение рекомендованных объемов добычи (вылова) ВБР (неодуемые) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL <https://свту.рф/organizatsiya-rybolovstva/rybolovstvo-v-tsifrah/osvoenie-rekomendovannykh-ob-emo-v-dobychi-vylova-vbr-neoduemye.html> (дата обращения : 14.04.2024).
7. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов за периоды «январь-март», «январь-июнь», «январь-сентябрь», «январь-декабрь» 2023 г. (Форма № 1-П (рыба)) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 14.04.2024).
8. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О распределении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна применительно к видам квот их добычи (вылова)» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 14.04.2024).

### Сведения об авторах

Н. С. Иванко – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики, SPIN-код: 6882-7377, AuthorID: 814886.

С. В. Лисиенко – доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой промышленного рыболовства, SPIN-код: 6437-6364, AuthorID: 371990.

### Information about the authors

N. S. Ivanko – Senior Lecturer of the Department of Applied Mathematics and Informatics, SPIN-code: 6882-7377, AuthorID: 814886.

S. V. Lisienko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial Fisheries, SPIN-code: 6437-6364, AuthorID: 371990.

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 24.05.2023; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 103–110.  
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 68, no 2. P. 103–110.

## РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.2

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvuz/2024-68-11

EDN: SLJFYA

### Промышленное освоение трески Камчатско-Курильской подзоны с 2020 по 2023 гг.

**Светлана Владимировна Лисиенко**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, lisienkosv@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты анализа промышленного освоения трески: объемы ОДУ и вылова, распределение ОДУ по видам квот и по добытчикам в Камчатско-Курильской подзоне с 2020 по 2023 гг.

**Ключевые слова:** квоты вылова, рыболовство, Камчатско-Курильская подзона, общедопустимый улов, организации-пользователи ВБР

**Для цитирования:** Лисиенко С. В. Промышленное освоение трески Камчатско-Курильской подзоны с 2020 по 2023 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 103–110.

## FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

### Industrial development of cod in the Kamchatka-Kuril subzone from 2020 to 2023

**Svetlana V. Lisienko**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, lisienkosv@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of an analysis of the industrial development of cod: the volume of TAC and catch, the distribution of TAC by type of quota and by miners in the Kamchatka-Kuril subzone from 2020 to 2023.

**Keywords:** catch quotas, fisheries, Kamchatka-Kuril subzone, general allowable catch, organizations - users of VBR

**For citation:** Lisienko S. V. Industrial development of cod in the Kamchatka-Kuril subzone from 2020 to 2023. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):103–110. (in Russ.).

### Введение

Промышленное освоение биоресурсов (ВБР) является показателем стабильности рыбодобычи, оно обладает системным характером. Его ежегодная оценка должна лежать в основе

работы отраслевой системы мониторинга как системы, аккумулирующей сведения об уловах всех организаций-пользователей промысловых ресурсов страны. Производственные данные их фактической деятельности могут и должны стать точкой роста, корректировки и регулирования в отраслевом процессе стратегического планирования и других его видов по использованию природных ресурсов.

Исследование динамики промышленного освоения сырьевой базы ВБР с учетом ее разнообразия в отечественных промысловых зонах при работе разных добывающих судов, разных технологий лова, большого числа рыбодобывающих организаций на определенных интервалах (годов) позволяет определить и обозначить с помощью объектно-зонного выделения тенденции развития, стабильности или регрессии рыбодобывающего процесса [1, 2].

### **Объекты и методы исследований**

Основными стадиями названного исследования являются анализ и обобщение производственных показателей по добыче по отраслевым нормативным, распорядительным и отчетным документам стратегического планирования и отчетности.

В статье представлены результаты анализа промышленного освоения трески в Камчатско-Курильской подзоне с 2020 по 2023 гг. При анализе использовались общенаучные и специальные методы: системный подход и метод декомпозиции, апробированные в аналогичных исследованиях [1, 2]. Проанализированы нормативно-распорядительные документы, являющиеся открытыми данными банка правовых актов Федерального агентства по рыболовству [3–8].

### **Результаты и их обсуждение**

С 2020 г. по 2023 г. значения объемов общедопустимого улова (далее – ОДУ) на добычу трески в Камчатско-Курильской подзоне составили: в 2020 г. – 12,4 тыс. т, в 2021 г. – 19,0 тыс. т, в 2022 г. – 14,4 тыс. т, в 2023 г. – 13,9 тыс. т [3]. Общий объем установленного ОДУ на всем периоде составил 26 1059,7 тыс. т. Значения ОДУ изменялись ежегодно, показывая нестабильную динамику. Так, в 2021 г. произошло резкое его увеличение (на 34,7 %) по сравнению с 2020 г., в 2022 г. по сравнению с предыдущим – практически аналогичное (на 24,2 %) снижение, продолжившееся и в 2023 г. на величину в 3,5 %.

ОДУ трески в Камчатско-Курильской подзоне распределялся в соответствии с [3]. Удельный вес распределенных (установленных) объемов по видам квот в объемах ОДУ по годам составил: в 2020 г. – 99,9 %, в 2021 г. – 100,0 %, в 2022 г. – 99,98 %, в 2023 г. – 99,98 %.

Квоты для КМНС ежегодно составляли по 0,03 тыс. т. На НИиКЦ в 2020 г. было выделено 0,016 тыс. т, в 2021 г. и 2022 г. – по 0,011 тыс. т ежегодно, в 2023 г. – 0,01115 тыс. т. Объем квот для промышленного рыболовства, в том числе прибрежного, составлял в 2020 г. 12,2 тыс. т, что составило 98,4 % от ОДУ этого года, в 2021 г. – 18,5 тыс. т (97,3 % от распределенного ОДУ), в 2022 г. – 11,5 тыс. т (79,8 %), в 2023 г. – 13,2 тыс. т, или 94,9 %. Причем, начиная с 2022 г., по этому виду квот было допущено распределение ОДУ между двумя соседними подзонами: Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской без его совместного превышения [4].

Инвестквоты (ИК) с 2020 г. по 2023 г. ежегодно увеличивались. Так, в 2020 г. их объем составлял 0,150 тыс. т, или 1,2 % от ОДУ этого года, в 2021 г. – 0,461 тыс. т (2,4 %), в 2022 г. – 2,87 тыс. т (19,9 %). Причем фактически в этом году было распределено только 0,697 тыс. т из установленного объема, что составило всего 24,3 %. Тогда удельный вес распределенных от установленных объемов по видам квот в объемах ОДУ составил только 84,9 %. В 2023 г. объем ИК уменьшился до значения в 0,674 тыс. т [4].

На рис. 1 представлено среднегодовое распределение объемов трески для добычи по видам квот с 2020 г. по 2023 г.

Данное распределение по видам квот свидетельствует о том, что в указанном периоде преобладающими их видами являлись квоты на промышленное и прибрежное рыболовство.



Анализ установленных и распределенных объемов по названным видам квот показал следующее. В 2020 г. при установленном объеме в 12,2 тыс. т было распределено 11,99 тыс. т, что составило 98,3 %, в 2021 г. это соотношение составляло 18,4 тыс. т к 18,5 тыс. т (99,7 %), в 2022 г. – 11,5 тыс. т к 11,5 тыс. т (100,0 %), в 2023 г. – 13,1 тыс. т к 13,2 тыс. т (99,2 %). Внутреннее процентное соотношение данных видов представлено следующим образом. В 2020 г. это соотношение составляло 47,7 % (промысловое) к 50,6 % (прибрежное рыболовство), в 2021 г., соответственно, 55,6 %/44,1 %, в 2022 г. – 79,1/20,9, в 2023 г. – 65,1/34,1.

Соотнесение названных видов между собой и динамика изменения их объемов представлены на рис. 2.

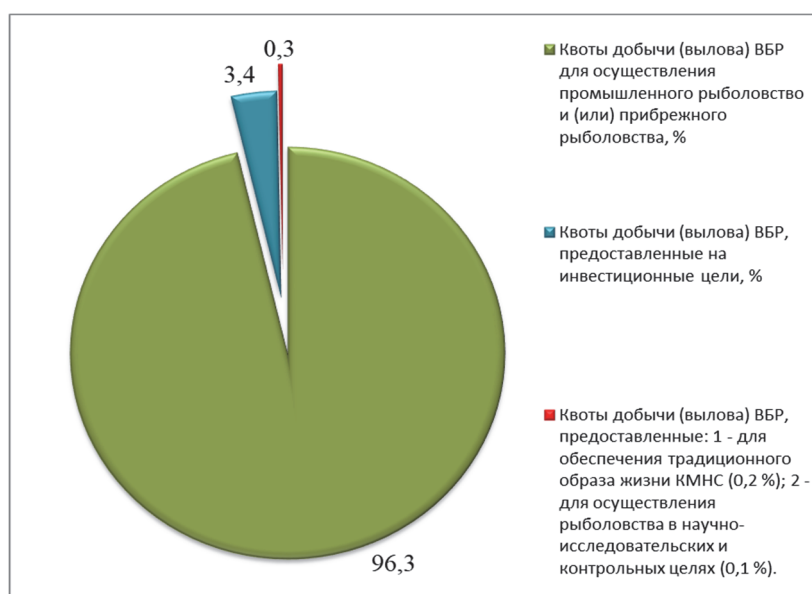


Рис. 1. Среднегодовое распределение объемов трески для добычи по видам квот с 2020 г. по 2023 г., %. Составлено автором

Fig. 1. Average annual distribution of cod volumes for production by type of quota from 2020 to 2023, %

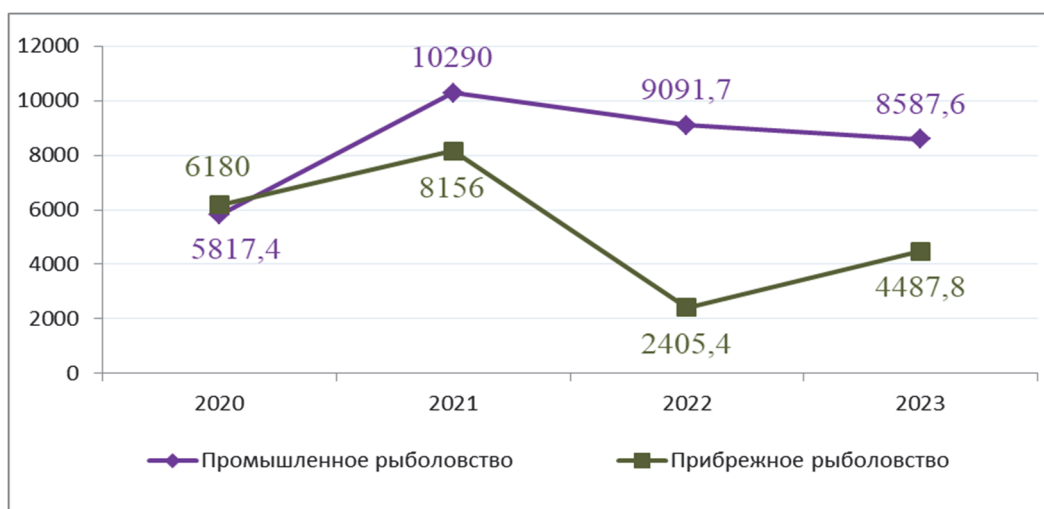


Рис. 2. Динамика изменения объемов квот по видам: прибрежное и промышленное рыболовство, т. Составлено автором

Fig. 2. Dynamics of changes in quota volumes by type: coastal and industrial fishing, tons

На рис. 2 особо видны два «скачка»: увеличение 2020–2021 гг. объемов по каждому виду и их снижение 2021–2022 гг. Они обусловлены резким увеличением установленного ОДУ на 2021 г. (на 34,7 % к 2020 г.) и таким же резким его снижением в 2022 г. (на 24,2 % к 2021 г.).

Здесь также прослеживается яркое внутреннее перераспределение объемов квот. Так, в 2020 г. такое распределение имело половинчатую структуру: 47,7 % объемов распределены для промысловства и 50,6 % – для прибрежного. Начиная с 2021 г., при продолжающейся «половинчатости» произошло смещение объемов в сторону промысловства – 55,6 % к 44,1 %. Резкий «скачок» такого направления произошел в 2022 г., когда для промысловства было распределено 79,1 % объемов, для прибрежного они составили 20,9 %. В 2023 г. тенденция смещения по сравнению с предыдущим годом имела обратное направление: увеличение объемов для прибрежного рыболовства на 38,5 %, что составило 34,5 %, и уменьшение объемов промысловства на 17,7 %, что составило 65,1 %.

В исследуемом интервале треска в Камчатско-Курильской подзоне осваивалась в течение всего календарного года [7]. Анализ фактически освоенных объемов позволил сделать вывод о том, что основные уловы формировались с 1-го по 3-й кварталы каждого исследуемого года, что, собственно, подтверждает сезонность распределения и поведение и создание промысловой доступности данного объекта в данном районе. Объемы вылова в 1-м квартале составляли порядка 5,7–9,0 тыс. т, во 2-м квартале – от 1,7 до 3,6 тыс. т, в 3-м квартале – от 2,6 до 3,5 тыс. т. Эти объемы составляли в 2020 г. 95,9 % от годового вылова этого года, в 2021 г. – 91,6 %, в 2022 г. – 96,3 %, в 2023 г. – 96,2 %. Причем самым продуктивным являлся 1-й квартал каждого календарного года. Так, в 2020 г. на него приходилось 45,7 % от годового вылова, в 2021 г. – 51,5 %, в 2022 г. – 62,7 %, в 2023 г. – порядка 62,0 %. «Непродуктивным» с точки зрения рыболовства являлся 4-й квартал каждого анализируемого года. Объемы вылова в этом квартале ежегодно не превышали 0,75 тыс. т. На него приходилось в 2020 г. 4,0 % общегодового вылова, в 2021 г. – 3,3 %, в 2022 г. – 2,8 %, в 2023 г. – 3,7 %.

Качество промышленного освоения трески в Камчатско-Курильской подзоне как установленный показатель рыбодобывающей деятельности – степень освоения промыслового объекта – проанализировано на всем временном интервале исследования. На рис. 3 представлена динамика изменения степени освоения ОДУ по всем видам квот.

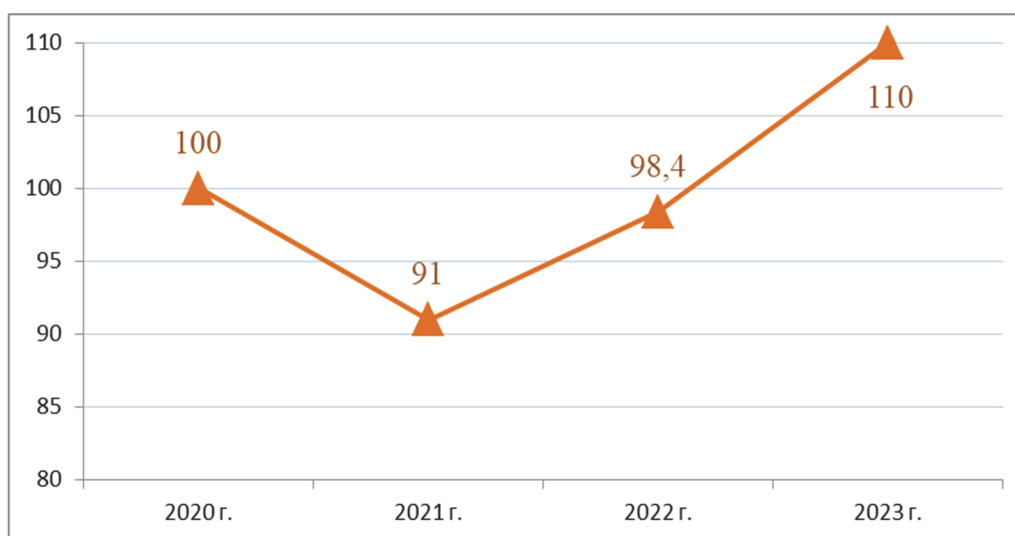


Рис. 3. Динамика изменения степени освоения ОДУ по всем видам квот, %.

Fig. 3. Dynamics of changes in the degree of TAC development for all types of quotas, %

Данные графика свидетельствуют о хорошем качестве добычи трески в данном промышленном районе. Степень ее освоения не опускается ниже отметки в 90 % на всем исследованном периоде. Причем в 2023 г. освоение трески превысило установленный объем ОДУ для Камчатско-Курильской подзоны фактически на 10,0 %. Превышение ОДУ составило 1,4 тыс. т. Такие показатели не являются нарушением, так как, как было сказано выше, начиная с 2022 г., по виду квот для промышленного и прибрежного рыболовства было допущено распределение ОДУ между двумя соседними подзонами: Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской без его совместного превышения. По итогам освоения трески в 2023 г. в Западно-Камчатской подзоне уровень степени освоения составил 54,8 %. Таким образом, степень «совместного» освоения в двух подзонах составила 95,8 %.

Число пользователей с квотами на промышленное и прибрежное освоение трески в данной подзоне [5, 6] составляло в 2020 г. 32 ед., в 2021 г. – 30 ед., в 2022 г. – 31 ед., в 2023 г. – 28 ед. А пользователей с ИК: в 2020 г. – 1 ед., в 2021 г. – 2 ед., в 2022 и 2023 гг. – по 4 ед. Причем с 2021 по 2023 гг. включительно один пользователь наряду с прибрежными квотами имел и ИК, с 2022 по 2023 гг. еще один пользователь имел всю совокупность видов квот: промысловое, «прибрежка», ИК. Распределение пользователей, занимающихся только промысловым, составляло в 2020 г. 17 ед. (53,1 % от общего количества этого года), в 2021 г. – 19 ед. (63,3 %), в 2022 г. – 67,7 %, в 2023 г. – 71,4 %. «Прибрежными» квотами работали в 2020 г. 11 ед. (34,4 % общего количества этого года), в 2021 г. и 2022 г. – по 8 ед. (26,7 и 25,8 %), в 2023 г. – 7 ед. (25,0 %). Совокупностью «промысловое+прибрежка» обладали в 2020 г. 4 ед. (12,5 % от общего количества этого года), в 2021 г. – 3 ед. (10,0 %), в 2022 г. – 2 ед. (6,5 %), в 2023 г. – 3,6 %). Таким образом, динамика изменения количества пользователей по названным квотам на всем исследованном периоде имела неуклонную тенденцию к переориентации рыболовства в сторону его промышленного освоения. Среднегодовая «пользовательская структура» по проанализированным видам рыболовства без учета ИК-пользователей представлена на рис. 4.

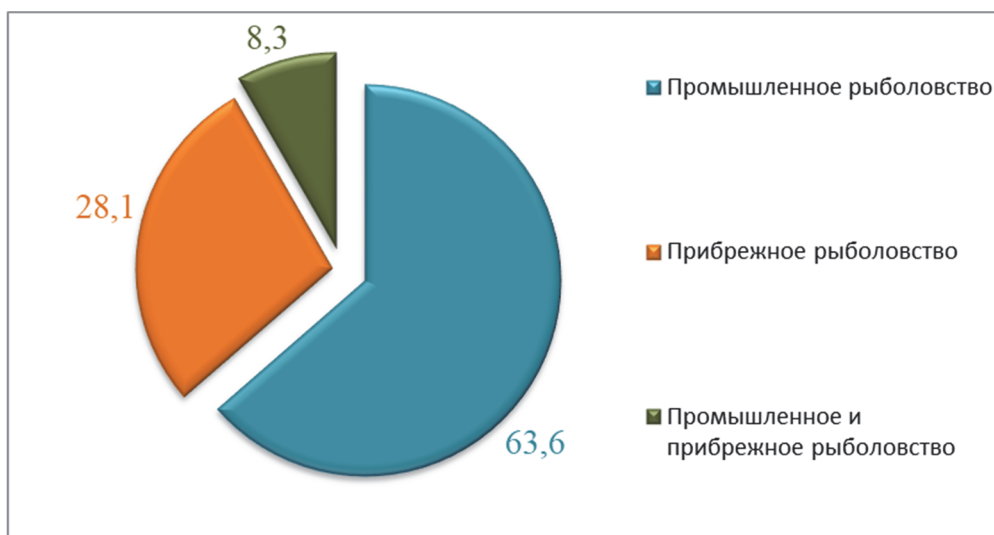


Рис. 4. Среднегодовая «пользовательская структура», %. Составлено автором  
Fig. 4. Average annual “user structure”, %

В результате проведения анализа «пользовательских» объемов в данном временном интервале [5, 6] были определены следующие граничные значения: до 10 т (1-я граница), до 100 т (2-я граница), до 500 т (3-я граница), до 1000 т (4-я граница), свыше 1000 т (5-я граница). В период с 2020 по 2023 гг. количество предприятий с объемами вылова первой границы со-

ставляло: в 2020 г. и 2022 г. – по 7 ед., в 2021 г. и 2023 г. – по 5 ед. Удельный вес таких предприятий в общем объеме предприятий в каждом году составлял: в 2020 г. – 21,9 %, в 2021 г. – 16,7 %, в 2022 г. – 22,6 %, в 2023 г. – 17,9 %. Вторую границу объемов имели в 2020 г. 8 ед., в 2021 г. и 2023 г. – по 6 ед., в 2022 г. – 7 ед. Удельный вес таких пользователей составлял в 2020 г. 25,0 %, в 2021 г. – 20,0 %, в 2022 г. – 22,6 %, в 2023 г. – 21,4 %. Организаций с объемами третьей границы в 2020 г. и 2023 г. было по 11 ед., в 2021 г. – 7 ед., в 2022 г. – 9 ед. Их удельный вес в общем числе ведущих промыслов составлял в 2020 г. 34,4 %, в 2021 г. – 23,3 %, в 2022 г. – 29,0 %, в 2023 г. – 39,9 %. Четвертая граница объемов имела в 2020 г. и 2023 г. у трех предприятий, в 2021 г. – у восьми, в 2022 г. – у четырех. Удельный вес таких предприятий составил в 2020 г. 9,3 %, в 2021 г. – 26,7 %, в 2022 г. – 12,9 %, в 2023 г. – 10,7 %. Самой малообъемной границей объемов владели в 2020 г. и 2023 г. по 3 ед., в 2021 г. и 2022 г. – по 4 ед. Таким образом, динамика изменения объемов по определенным границам с 2020 г. по 2023 г. позволяет обозначить тенденцию возврата в 2023 г. количественного состава заявителей с объемами по границам 3, 4, 5 к такому же количеству, которое наблюдалось в 2020 г. Причем количество заявителей с объемами границ 1–2 в 2023 г. уменьшилось на 28,6 % (1-я граница) и на 25 % (2-я граница) по сравнению с 2020 г. Уменьшение количества таких предприятий повлияло и на общее их количество по соответствующим годам на 12,5 %.

Самой многочисленной по объемам и стабильной по количеству являлась группа третьей границы (до 0,5 тыс. т). Среднегодовое число пользователей составляло порядка 9,5 ед., или 31,4 % от среднегодового общего их состава. Самой малочисленной – группа 5-й границы (свыше 1,0 тыс. т) при среднегодовом числе 3,5 ед. и удельном весе 11,6 %.

Среднегодовая количественная структура предприятий по «пользовательским» объемам представлена на рис. 5.

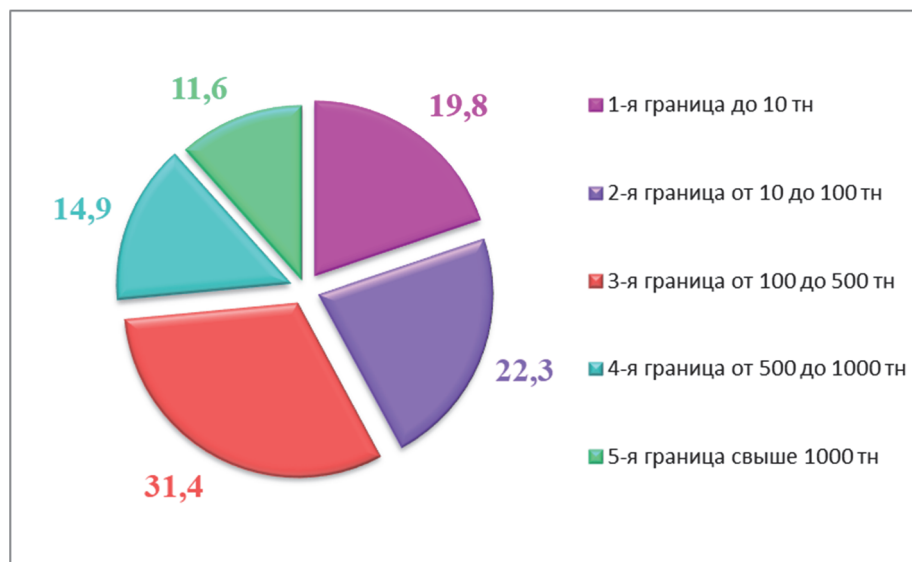


Рис. 5. Среднегодовая количественная структура предприятий по «пользовательским» объемам, %.

Fig. 5. Average annual quantitative structure of enterprises by “user” volumes, %

### Заключение

Результаты проведенного анализа позволили исследовать динамику промышленного освоения трески Камчатско-Курильской подзоны с 2020 по 2023 гг., включающего динамику установленных ОДУ, динамику их распределения по видам и объемам квот вылова с выделением промышленного и прибрежного рыболовства. Также на основе проанализированных

количественных составов заявителей-пользователей и качественных соотношений по имеющимся у них объемам осуществлена дифференциация границ объемов, сформированы среднегодовые «пользовательская структура» и количественная структура предприятий по «пользовательским» объемам. Определение рациональности или нерациональности полученного промышленного освоения в период с 2020 г. по 2023 г. не являлось целью данной статьи. Полученные результаты представленных исследований, по мнению автора, могут являться отправной точкой в процессе отраслевой деятельности по оптимизации планирования рыболовства.

### Список источников

1. Лисиенко С. В. Анализ распределения квот добычи минтая между пользователями в зоне «Охотское море» с 2015 по 2022 годы // Рыбное хозяйство. 2023. № 5. С. 23–29.
2. Лисиенко С. В. Северо-Курильская зона: «пользовательский состав» промыслового ресурса – минтай с 2015 по 2022 годы // Рыбное хозяйство. 2023. № 6. С. 16–21.
3. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «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» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 16.03.2024).
4. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О распределении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна применительно к видам квот их добычи (вылова)» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 16.03.2024).
5. 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 и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 16.03.2024).
6. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов, предоставленной на инвестиционные цели в области рыболовства, для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне» [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 16.03.2024).
7. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов за периоды «январь-март», «январь-июнь», «январь-сентябрь», «январь-декабрь» 2020, 2021, 2022, 2023 гг. (Форма № 1-П (рыба)) [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения : 05.04.2024).
8. Постановление Правительства РФ от 23.08.2018 N 987 (ред. от 25.01.2022) «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов в соответствии с частью 12 статьи 31 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_305899/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305899/) (дата обращения : 16.03.2024).

### **Информация об авторе**

С. В. Лисиенко – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, SPIN-код: 6437-6364, AuthorID: 371990.

### **Information about the author**

S. V. Lisienko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial Fisheries, SPIN-code: 6437-6364, AuthorID: 371990.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 28.05.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 28.05.2024; accepted for publication 11.06.2024.

## РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.3; 53.072.23

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-12

EDN: WNTVLH

### Мультифизическое подобие в замкнутой системе «УЗВ – гидробионт»

Александр Алексеевич Недоступ<sup>1</sup>, Алексей Олегович Ражев<sup>2</sup>,  
Даниил Владимирович Суконнов<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>2,3</sup> Лаборатория цифровых технологий, Калининград, Россия

<sup>1</sup> nedostup@klgtu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3851-0984>

<sup>2</sup> root@digitechlab.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0983-834X>

<sup>3</sup> sdv@digitechlab.ru; <http://orcid.org/0009-0005-1795-7196>

**Аннотация.** Приводится реализация теории мультифизического подобия установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) и гидробионтов. В УЗВ рыбы выращиваются в замкнутом пространстве, где все условия жизни контролируются и оптимизируются для достижения максимальной продуктивности. В таких системах рыбы получают пищу в автоматическом режиме, а качество воды регулируется специальными системами фильтрации и очистки. Это позволяет увеличить скорость роста рыб и получить высокое качество продукции. Однако для эффективного управления УЗВ необходимо иметь информацию о состоянии рыб и условиях их содержания. Для этого используются различные методы мониторинга, такие как измерение параметров воды, наблюдение за поведением рыб, анализ состава пищи и т.д. Одной из основных задач УЗВ является управление популяцией рыб. Это включает в себя контроль над ростом и размножением рыб, а также предотвращение возникновения болезней и других проблем. Для этого используются различные методы, включая генетические исследования, вакцинацию и применение антибиотиков. Важной частью работы в УЗВ является также разработка новых технологий и методов выращивания рыб. Это может включать в себя использование новых кормовых смесей, оптимизацию условий содержания рыб, а также внедрение новых технологий, таких как использование искусственного интеллекта и машинного обучения. В целом развитие рыбоводства и аквакультуры является важным направлением развития сельского хозяйства и пищевой промышленности. Оно позволяет удовлетворить растущий спрос на рыбные продукты, а также снизить негативное воздействие на природные ресурсы. В этом процессе ключевую роль играют научные исследования и технологические разработки, которые позволяют улучшать условия содержания рыб и повышать их продуктивность. Изучение параметров УЗВ и роста гидробионтов для управления ими возможно с помощью теории мультифизического подобия. В статье приводятся результаты мультифизического подобия установки замкнутого водоснабжения и карпа, выращенного в УЗВ-модели и в натуре.



**Ключевые слова:** мультифизическое подобие, УЗВ, установка замкнутого водоснабжения, гидробионт, карп

**Финансирование:** исследование выполнено в ООО «Лаборатория цифровых технологий» за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00010, <https://rscf.ru/project/23-21-00010/>.

**Для цитирования:** Недоступ А. А., Ражев А. О., Суконнов Д. В. Мультифизическое подобие в замкнутой системе «УЗВ – гидробионт» // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 111–120.

## FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

### Multiphysical similarity in the closed system «RAS – hydrobiont»

Aleksandr A. Nedostup<sup>1</sup>, Alexey O. Razhev<sup>2</sup>, Daniil V. Sukonnov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>2,3</sup> DigiTech Laboratory, Kaliningrad, Russia

<sup>1</sup> [nedostup@klgtu.ru](mailto:nedostup@klgtu.ru); <http://orcid.org/0000-0002-3851-0984>

<sup>2</sup> [root@digitechlab.ru](mailto:root@digitechlab.ru); <http://orcid.org/0000-0002-0983-834X>

<sup>3</sup> [sdv@digitechlab.ru](mailto:sdv@digitechlab.ru); <http://orcid.org/0009-0005-1795-7196>

**Abstract.** The article presents the implementation of the theory of the multiphysical similarity of recirculating aquaculture system (RAS) and hydrobionts. In the RAS, fish are grown in a confined space where all living conditions are controlled and optimized to achieve maximum productivity. In such systems, fish receive food automatically, and the water quality is regulated by special filtration and purification systems. This allows you to increase the growth rate of fish and get high quality products. However, for effective management of the RAS, it is necessary to have information about the condition of fish and their conditions of detention. To do this, various monitoring methods are used, such as measuring water parameters, observing fish behavior, analyzing the composition of food, etc. One of the main tasks of the RAS is to manage the fish population. This includes controlling the growth and reproduction of fish, as well as preventing the occurrence of diseases and other problems. Various methods are used for this, including genetic research, vaccination and the use of antibiotics. The development of new technologies and methods of fish cultivation is also an important part of the work in the RAS. This may include the use of new feed mixtures, optimization of fish keeping conditions, as well as the introduction of new technologies, such as the use of artificial intelligence and machine learning. In general, the development of fish farming and aquaculture is an important direction for the development of agriculture and the food industry. It allows meeting the growing demand for fish products, as well as reducing the negative impact on natural resources. Scientific research and technological developments play a key role in this process, which make it possible to improve the conditions of fish keeping and increase their productivity. The study of the parameters of ultrasound and the growth of hydrobionts to control them is possible using the theory of multiphysical similarity. The article presents the results of the multiphysical similarity of the recirculating aquaculture system and carp grown in RAS model and in kind.

**Keywords:** multiphysical similarity, RAS, recirculating aquaculture system, hydrobiont, carp



**Funding:** the research was carried out in DigiTech Laboratory at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 23-21-00010), <https://rscf.ru/project/23-21-00010/>.

**For citation:** Nedostup A. A., Razhev A. O., Sukonov D. V. Multiphysical similarity in the closed system «RAS – hydrobiont». *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):111–120. (in Russ.).

## Введение

Показателем эффективности, который отражает количество мощности  $W$ , выделяемой или поглощаемой для производства единицы продукции (в нашем случае гидробионта) или выполнения определенной работы (в нашем случае протекание процессов в установке замкнутого водоснабжения) за единицу времени [1]. Этот показатель может быть использован для сравнения производительности различных процессов или оборудования в аквакультуре. Назовем данный показатель «производительность сил» и обозначим его  $H$ . Мощность есть скорость выполнения работы, т.е. количество работы, которое совершается за единицу времени. Произведение силы на ускорение имеет физический смысл производительности сил.

Физическое моделирование [2] установок замкнутого водоснабжения [3] и гидробионтов представляет собой создание масштабных моделей систем водоснабжения и гидробиологических объектов с использованием физических принципов и законов. Эти модели позволяют проводить различные экспериментальные исследования, определять эффективность работы системы, выявлять возможные проблемы и разрабатывать методы их решения. Физическое моделирование позволяет проверять различные гипотезы и теории, а также определять оптимальные параметры системы для достижения максимальной производительности и эффективности. Мультифизическое подобие гидробионта – это создание масштабной его модели, которая может двигаться и взаимодействовать с окружающей средой с использованием физических принципов и законов. Эта модель позволяет изучать различные аспекты поведения гидробионта, такие как ее скорость, маневренность, способность к плаванию в различных условиях и др. Также мультифизическое подобие гидробионтов может использоваться для тестирования различных гипотез и теорий, связанных с поведением рыб, а также для определения оптимальных параметров для улучшения ее производительности и выживаемости.

## Объекты и методы исследований

При выполнении правил мультифизического подобия установок замкнутого водоснабжения (далее – УЗВ) и гидробионта, который выращивается в УЗВ, необходимо воспользоваться натурными данными по УЗВ и гидробионта. Рассмотрим УЗВ, в которой выращивается карп (*Cyprinus carpio L.*) (рис. 1), схема которой представлена на рис. 2.

На рис. 1 и 2 изображены: бассейн; механический фильтр; биофильтр; ультрафиолетовый обеззараживатель (УФ-обеззараживание); дегазатор воды (удаление углекислого газа  $CO_2$ ); насос; дезинфектор; термостат; механический фильтр; устройство рН контроля; обогатитель кислорода  $O_2$ ; кормораздатчик. Соединяющими элементами вышеприведенных устройств является трубопровод.

На рис. 3 изображены сеголетка и взрослая особь карпа (*Cyprinus carpio L.*).

В теории мультифизического подобия сооружений, конструкций и живых объектов нужно учитывать необходимые и достаточные условия моделирования, а также автомодельность по числам подобия.

Для определения масштабов подобия и критериев подобия воспользуемся разработанными авторами статьи Ражевым А. О. и Недоступом А. А. программами для ЭВМ «Масштабы мультифизического подобия процессов рыбоводства» (рис. 4) и «Критерии подобия процессов рыбоводства» (рис. 5).



а) бассейны с лампой



б) биофильтр



в) насос



г) УФ-обеззараживание



д) механический фильтр



е) система трубопроводов и УФ обеззараживание

Рис. 1. УЗВ для выращивания карпа (*Cyprinus carpio L.*)  
Fig. 1. RAS for growing carp (*Cyprinus carpio L.*)

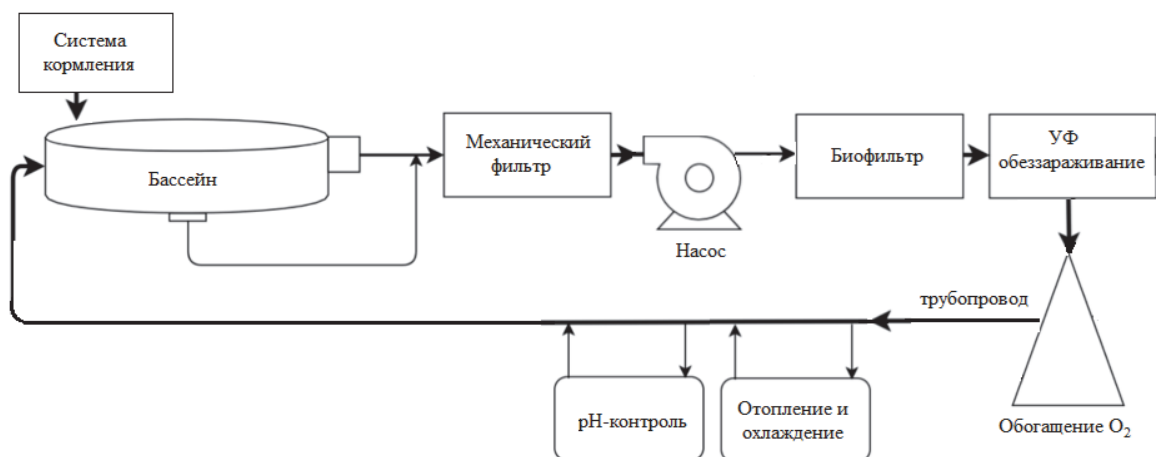


Рис. 2. Схема УЗВ  
Fig. 2. RAS diagram



сеголетка

взрослая особь карпа

Рис. 3. Сеголетка и взрослая особь карпа (*Cyprinus carpio L.*)  
Fig. 3. Juvenile and adult carp (*Cyprinus carpio L.*)

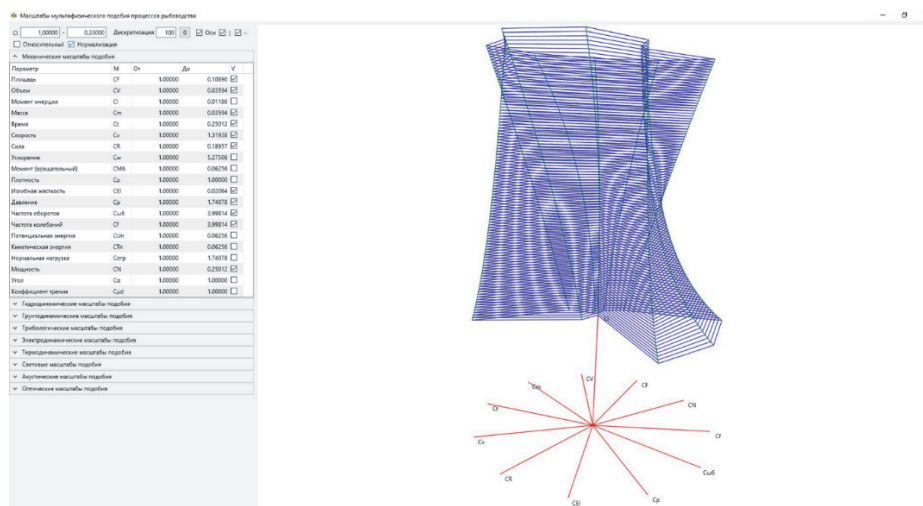


Рис. 4. Программа для ЭВМ «Масштабы мультифизического подобия процессов рыбоводства»  
Fig. 4. Computer program «Scales of multiphysical similarity of fish farming processes»

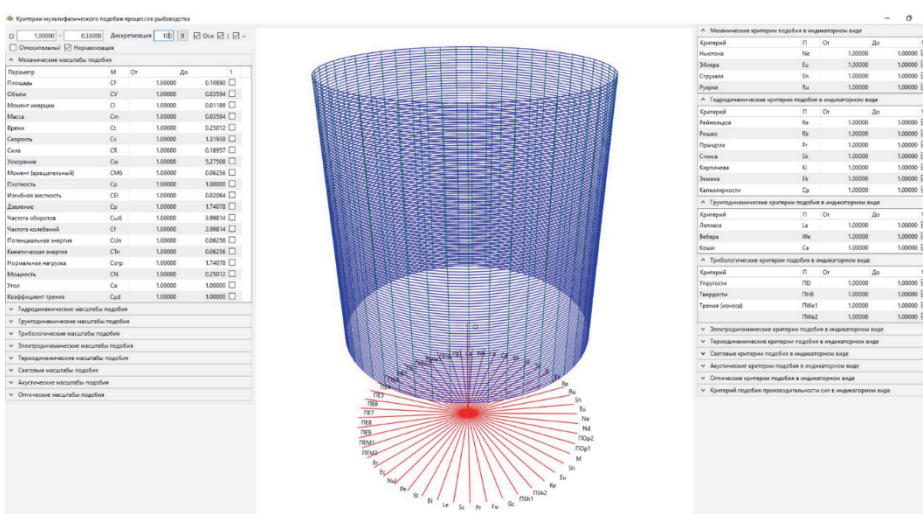


Рис. 5. Программа для ЭВМ «Критерии подобия процессов рыбоводства»  
Fig. 5. Computer program «Criteria for similarity of fish farming processes»

Программы для ЭВМ предназначены для расчета масштабов и критериев подобия процессов рыбоводства, а также их анализа зависимостей между масштабами подобия, степени подобия по масштабным эффектам, в том числе визуального в трехмерном представлении, выполнимости критериев подобия в мультифизических областях (биомеханика, механика, гидродинамика и др.) применительно к УЗВ и объектам выращивания.

В табл. 1 приведены основные масштабы подобия УЗВ и их диапазоны.

Таблица 1

**Масштабы подобия УЗВ**

Table 1

**The scale of similarity closed water supply installations**

Наименование	Обозначение	Диапазон
Масштаб геометрических характеристик	$C_l$	0,33 ÷ 1,0
Масштаб скорости	$C_v$	1,32 ÷ 1,0
Масштаб частоты водооборотов	$C_f$	4 ÷ 1
Масштаб сил	$C_R$	0,19 ÷ 1,0
Масштаб массы	$C_m$	0,036 ÷ 1,0
Масштаб разницы температур	$C_{\Delta T}$	0,19 ÷ 1,0
Масштаб теплопроводности	$C_\alpha$	0,435 ÷ 1,0
Масштаб освещенности	$C_{Ev}$	2,3 ÷ 1,0
Масштаб светимости	$C_{Mv}$	2,3 ÷ 1,0
Масштаб мощности	$C_N$	0,25 ÷ 1

В табл. 2 приведены основные масштабы подобия видовых и поведенческих параметров гидробионта.

Таблица 2

**Масштабы подобия видовых и поведенческих параметров гидробионта**

Table 2

**The scale of similarity of species and behavioral parameters of a hydrobiont**

Параметр	Масштаб подобия
1	2
Количество особей в бассейне $n$	1
Длина $L$ , м	$C_l$
Ширина $Z$ , м	$C_l$
Высота $H$ , м	$C_l$
Масса $m_i$ , кг	$C_m$
Коэффициент демпфирования $a_{i1}$ , кг·с/м <sup>2</sup>	$C_m/C_w$
Номинальная скорость $a_{i2}$ , м/с	$C_v$
Максимальная скорость $a_{i3}$ , м/с	$C_v$
Реакция особи при отходе от препятствия $k_{wi}^+$ , кг/м	$C_m/C_l$
Реакция особи при подходе к препятствию $k_{wi}^-$ , кг/м	$C_m/C_l$
Видимость при отходе от препятствия $d^-$ , м	$C_l$
Видимость при подходе к препятствию $d^+$ , м	$C_l$
Реакция на ближнее присутствие карпа $k_{bi1}$ , кг·м/(с <sup>2</sup> ·10 <sup>-5</sup> )	$C_R$
Реакция на дальнее присутствие карпа $k_{bi2}$ , кг·м/(с <sup>2</sup> ·10 <sup>-5</sup> )	$C_R$
Реакция на движение $k_{ci}$ , кг/с·10 <sup>-3</sup>	$C_m/C_t$



Окончание табл. 2

1	2
Средняя видимость карпа $\alpha_{i1}$ , м · 10 <sup>-2</sup>	$C_l$
Предельная видимость карпа $\alpha_{i2}$ , м	$C_l$
Видимость движения карпа $\delta_i$ , м	$C_l$
Степень взаимодействия карпов в бассейне $M_i$	1
Активность карпа $r_i$ , Н	$C_R$
Начальная скорость карпа $v_{0i}$ , м/с	$C_v$

В табл. 2 применены следующие обозначения:  $C_l$  – масштаб геометрических характеристик;  $C_m$  – масштаб массы;  $C_w$  – масштаб ускорения;  $C_v$  – масштаб скорости;  $C_R$  – масштаб сил;  $C_t$  – масштаб времени.

Поведенческие параметры, указанные в табл. 2, выведены авторами статьи при разработке поведенческой модели гидробионтов в УЗВ [4]. На рис. 6 показана разработанная на основе указанной поведенческой модели программа для ЭВМ.

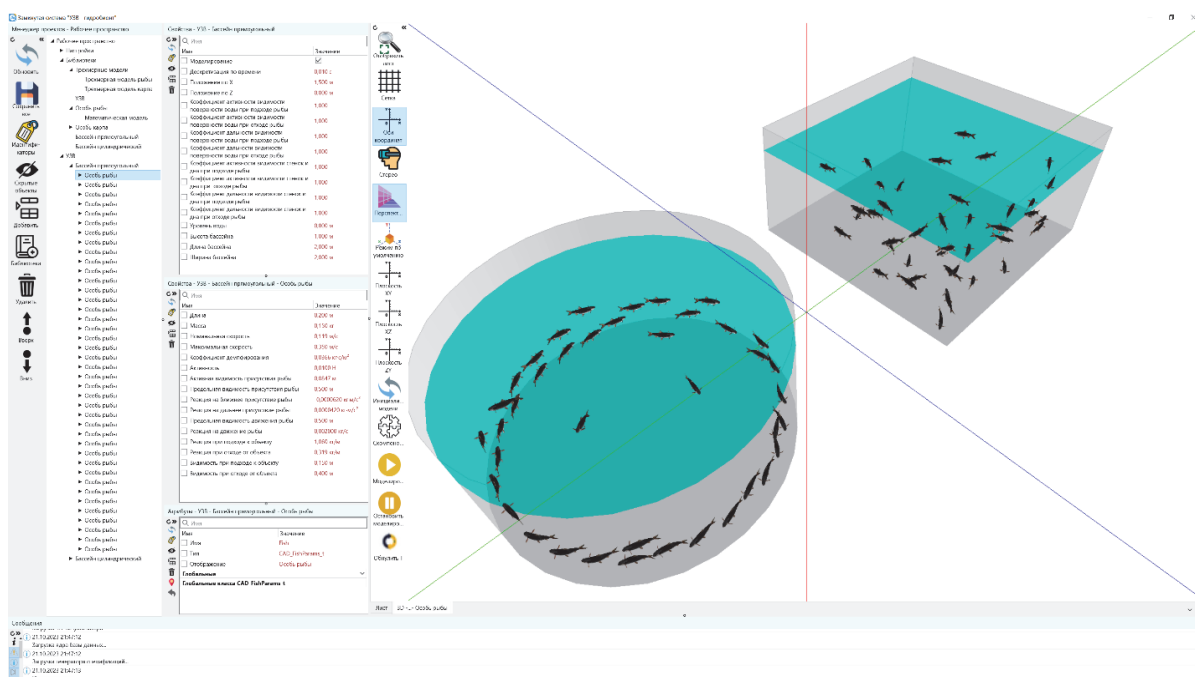


Рис. 6. Компьютерное моделирование замкнутой системы «УЗВ – гидробионт»

Fig. 6. Computer simulation of the closed system «RAS – hydrobiont»

Разработанная программа для ЭВМ позволяет моделировать поведение гидробионтов в бассейне прямоугольного или цилиндрического типа с детализацией до особи в трехмерной области. Основные функции программы: конструктор и компоновщик бассейнов УЗВ с гидробионтами; конструктор гидробионта, редактор поведенческих характеристик каждой особи; симулятор реального времени замкнутой системы «УЗВ – гидробионт»; 3D-визуализатор. В программе предусмотрена загрузка и выгрузка проекта УЗВ (параметры бассейнов и гидробионтов) и результатов моделирования.

### Результаты и их обсуждение

На основании полученных масштабов подобия на разработанной программе для ЭВМ, показанной на рис. 6, проведем численный эксперимент. Результаты эксперимента сопоста-

вимы с натурными данными, полученными в ходе замеров длины, массы и возраста сеголетки и взрослой особи карпа (*Cyprinus carpio L.*) при выборочных обловах в УЗВ.

В табл. 3 приведены основные характеристики сеголетки и взрослой особи карпа (*Cyprinus carpio L.*). В табл. 4 приведены основные характеристики экспериментальной УЗВ.

Сопоставим данные по росту карпа, полученные в результате численного эксперимента, с данными натурального эксперимента из табл. 3. Темпы роста отображены на графиках (рис. 7 и 8). На рис. 7 и 8 приводятся зависимости  $C_f=f(C_t)$ , где  $C_t$  – масштаб времени роста карпа, и  $C_f/C_t=f(C_t)$ , где  $C_f/C_t$  – масштаб приращения длины карпа.

На рис. 9 приведена имитация разработанной программой для ЭВМ взрослой особи карпа и сеголетки.

Таблица 3

**Характеристики сеголетки и взрослой особи карпа (*Cyprinus carpio L.*)**

Table 3

**Characteristics of juvenile and adult carp (*Cyprinus carpio L.*)**

Длина тела без хвостового плавника, промысловая длина $l$ , $\times 10^{-3}$ м	Масса $M$ , $\times 10^{-3}$ кг	Возраст $t$ , сут
Сеголетка (16.12.2022 г.)		
100,2	29,8	179
Сеголетка (07.04.2023 г.)		
125,1	63,4	291
Взрослая особь карпа (16.12.2022 г.)		
251,6	396	570
Взрослая особь карпа (07.04.2022 г.)		
281,8	669,5	682

Таблица 4

**Характеристики УЗВ**

Table 4

**Specifications closed water supply installations**

Диаметр $D$ , м	Высота $H$ , м	Объем воды $V$ , $\text{м}^3$	Плотность воды $\rho_w$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Температура воды $T$ , $^{\circ}\text{C}$	Насыщение кислорода во- ды, $\text{мг}/\text{л } \text{O}_2$
Для выращивания сеголеток					
1,2 x 1,0	0,75	700	1000	22–24	7,0–8,2 (100–110 %)
Для выращивания взрослой особи карпа					
1,2 x 1,0	0,75	700	1000	22–24	7,0–8,2 (100–110 %)

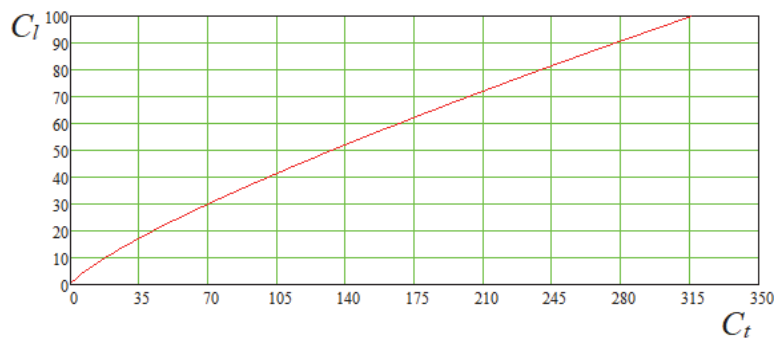


Рис. 7. Зависимость  $C_f=f(C_t)$   
Fig. 7.  $C_f=f(C_t)$  dependence

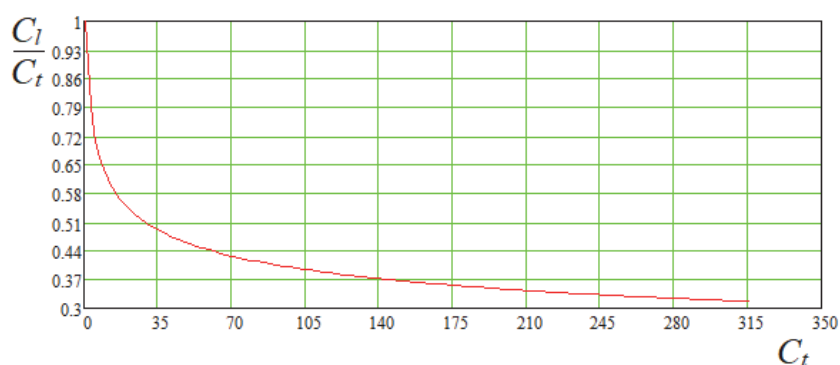


Рис. 8. Зависимость  $C_l/C_r=f(C_t)$   
 Fig. 8.  $C_l/C_r=f(C_t)$  dependence

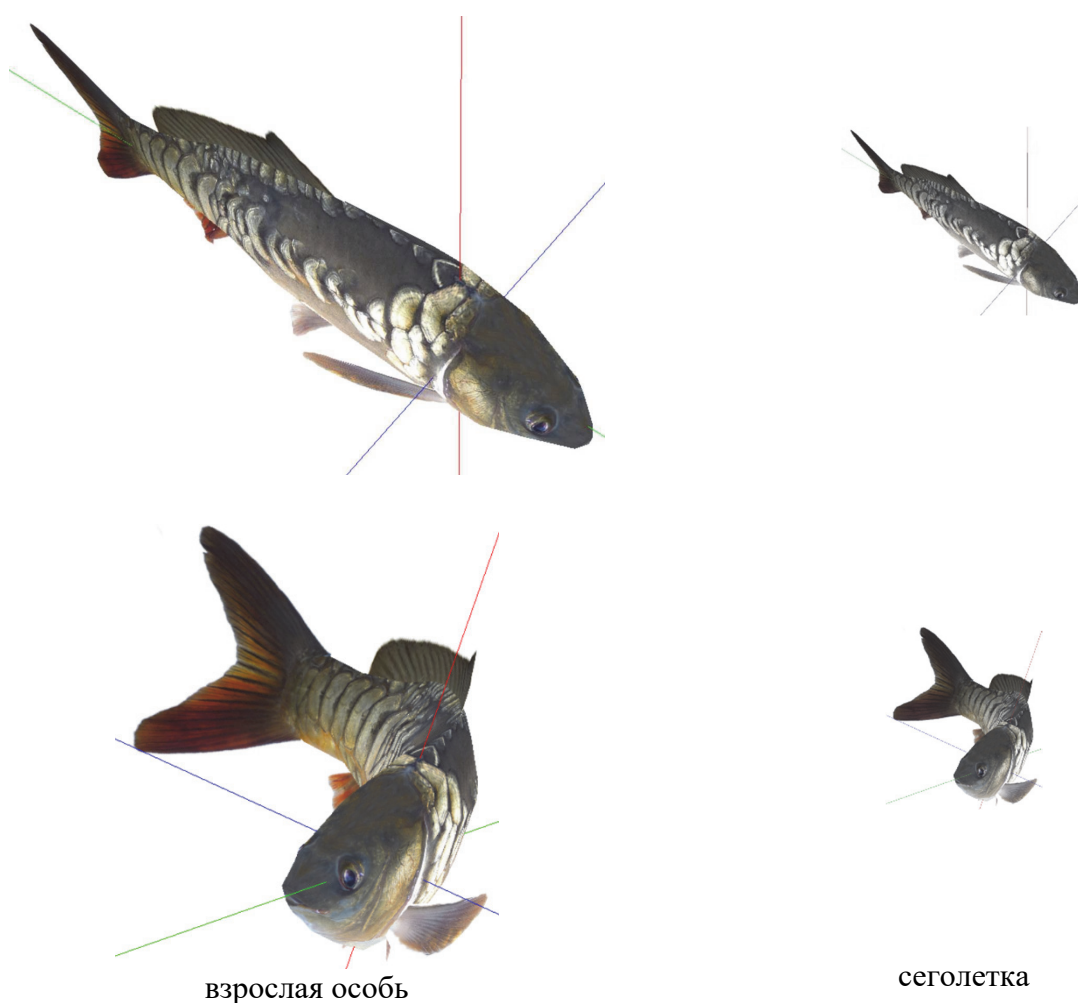


Рис. 9. Компьютерная имитация карпа  
 Fig. 9. Computer simulation of a carp

При сравнительном анализе результатов погрешность расчетных характеристик не превышает 20 %, что приемлемо для рыбоводства.

### Заключение

По результатам сравнительного анализа численного (с использованием теории мультифизического подобия) и натурного экспериментов можно сделать вывод о возможности

применения теории мультифизического подобия при компьютерном моделировании гидробионтов в установке замкнутого водоснабжения с целью пересчета параметров поведенческой модели гидробионтов.

Описанный метод мультифизического подобия карпа и УЗВ является простым и отвечает всем предъявляемым к нему требованиям. Он основывается на сокращении размерностей физических величин. При этом обеспечивает выполнение главных условий – отношений параметров. Главное свойство такого метода заключается в том, что в некоторых случаях невозможно математически описать процессы, протекающие в УЗВ, но известно преобразование физической величины через масштаб геометрических характеристик  $Cl$ .

Результаты исследования можно применять при решении задач описания биомеханики гидробионтов в установках замкнутого водоснабжения с целью повышения рыбопродуктивности и экологичности рыбоводства, а также автоматизации процесса выращивания. Разработанные программы для ЭВМ предназначены для проведения научных исследований, проектирования и эксплуатации УЗВ, а также для поддержки процесса обучения.

### Список источников

1. Аси А. А., Релве П. Ф., Херем Х-Я. Э. Определение оптимальной производительности рыбоводной установки с замкнутым циклом водоснабжения // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. Москва : ВНИИПРХ, 1985. С. 10–14.
2. Недоступ А. А. Правила физического моделирования динамических процессов рыбоводства // Рыбное хозяйство. 2011. № 4. С. 97–98.
3. Хрусталева Е. И., Молчанова К. А. Технические средства аквакультуры. Лососевые хозяйства : учебник. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. 136 с.
4. Ражев А. О., Недоступ А. А. Компьютерная имитация поведения рыб в замкнутой системе водоснабжения // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 4, ч. 1. С. 277–284. DOI: 10.37220/MIT.2023.62.4.033.

### Сведения об авторах

А. А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, SPIN-код: 7035-5279, AuthorID: 393895.

А. О. Ражев – кандидат технических наук, генеральный директор, главный инженер Лаборатории цифровых технологий, ведущий научный сотрудник Калининградского государственного технического университета, SPIN-код: 4535-5888, AuthorID: 723215.

Д. В. Суконнов – инженер Лаборатории цифровых технологий.

### Information about the authors

A. A. Nedostup – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fisheries, SPIN-code: 7035-5279, AuthorID: 393895.

A. O. Razhev – PhD, General Director, Chief Engineer of DigiTech Laboratory, Leading Researcher of Kaliningrad State Technical University, SPIN-code: 4535-5888, AuthorID: 723215.

D. V. Sukonnov – Engineer of DigiTech Laboratory.

Статья поступила в редакцию 06.03.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 06.03.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.



Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 121–126.  
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 68, no 2. P. 121–126.

## РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 597.552.511

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-13

EDN: WYFXXN

### Анализ динамики ската молоди горбуши р. Лесная (о. Сахалин) в 2020, 2022 гг.

**Марина Михайловна Сергеева**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, Sergeeva.MM@dgtru.ru

**Аннотация.** Объектом исследования являлась покатная молодь горбуши в р. Лесная. В процессе работы проанализированы сроки ската, факторы, влияющие на скат молоди, установлено количество покатной молоди по годам, а также ее размерно-массовая характеристика. В 2020, 2022 гг. основным определяющим фактором, действующим на динамику ската молоди горбуши, являлась температура воды. Скат молоди в период наблюдений начинался в середине мая. Количество скатившейся молоди из р. Лесная в 2020 г. составило 20 млн 557 тыс. 999 шт., в 2022 г. – 6 млн 433 тыс. 943 шт.

**Ключевые слова:** горбуша, река Лесная, покатная молодь, скат молоди, температура, уровень воды, длина, масса

**Для цитирования:** Сергеева М. М. Анализ динамики ската молоди горбуши р. Лесная (о. Сахалин) в 2020, 2022 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 121–126.

## FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

### Analysis of the dynamics of the slope of juvenile pink salmon of the Lesnaya River (Sakhalin Island) in 2020, 2022

**Marina M. Sergeeva**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, Sergeeva.MM@dgtru.ru

**Abstract.** The object of the study was a sloping juvenile pink salmon in the Lesnaya River. In the course of the work, the timing of the ramp, the factors affecting the slope of juveniles were analyzed, the number of rolling juveniles by year, as well as its size and mass characteristics were determined. In 2020, 2022, the main determining factor affecting the dynamics of the pink salmon sturgeon was the water temperature. The sturgeon of juveniles during the observation period began in mid-May. The number of rolled juveniles from the Lesnaya river in 2020 amounted to 20 million 557 thousand 999 units, in 2022 – 6 million 433 thousand 943 units.

© Сергеева М. М., 2024

**Keywords:** pink salmon, Lesnaya River, sloping juveniles, sloping juveniles, temperature, water level, length, mass

**For citation:** Sergeeva M. M. Analysis of the dynamics of the slope of juvenile pink salmon of the Lesnaya River (Sakhalin Island) in 2020, 2022. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):121–126. (in Russ.).

## Введение

Эксплуатация естественных рыбных ресурсов – высокоэффективное направление производства. От искусственного оно отличается низкими капиталоемкостью, трудоемкостью и энергоемкостью, поскольку практически отсутствуют прямые затраты. Однако сильное давление промысла, браконьерство и недостаточная научная разработка стратегии вылова и воспроизводства ведут к подрыву национальных рыбных ресурсов. Поэтому требуется научное обоснованное изъятие части биомассы, не ведущее к снижению численности эксплуатируемых видов в последующих поколениях [1].

Одним из наиболее ценных объектов промысла на российском Дальнем Востоке являются тихоокеанские лососи, которые нерестятся в реках Приморья, Сахалина, Южных Курильских островов, Камчатки и Чукотки [2].

Биологические критерии регулирования и прогнозирования динамики популяций становятся жизненной необходимостью в деле сохранения и воспроизводства запасов ценной рыбы Дальнего Востока. А именно необходимо знать, как те или иные воздействия влияют на размножение родительских поколений и выживаемость особей дочернего поколения на всех этапах жизненного цикла – от оплодотворенной икры и личинки до половозрелой особи, как при этом организована пространственная структура вида, особенно в период размножения, каковы лимитирующие факторы, как прогнозировать динамику численности и возможные взаимодействия с биотическими и абиотическими факторами [3].

Количество молоди лососей, скатившейся с нерестилищ в море, является важнейшим показателем эффективности воспроизводства лососей в реках. Данные по скату молоди в качестве главного критерия используются в прогнозировании подхода и возможного объема их вылова, а также могут являться основой для проведения оценки воздействия промышленной деятельности на рыбные запасы водных объектов и расчетов непредотвращенных ущербов.

## Объекты и методы

Материалом для исследования являлась молодь горбуши по выборочному учету. Выборка осуществлялась по времени в пределах суточного периода ската и поперечному сечению водотока, в котором проводится учет.

Створ для проведения работ по учету ската молоди проходных тихоокеанских лососей выбирался на участке реки, соответствующем следующим критериям:

- близко к устью, но не в зоне влияния приливов;
- прямолинейный, без притоков и стариц (предпочтительней с симметричными берегами и приглубленными приурезовыми участками);
- с высокими, не затопляемыми берегами.

На выбранном створе должна быть установлена лодочная переправа или мост, который размечается на метры от выбранного постоянного начала. В качестве постоянного начала может служить водомерная рейка, установленная на твердую поверхность дна вблизи берегового уреза, или деревянный столб (свая), с делениями через 1 см, вбитый до поверхности дна. Предпочтительным местом для определения постоянного начала является приуглубленный участок уреза (т.е. постоянно обводненный участок, на весь период работ). Постоянное начало принимается за первую точку промера, от которой отсчитывается расстояние до последующих точек (вертикалей) измерений. Вблизи створа у глубокого берега в защищенном

месте устанавливается водомерная рейка для контроля уровня воды, размеченная с точностью до 1 см [4].

Обловы проводились с переправы специальными ловушками, длина ловушки составляла 2 м. Облов для определения времени начала, конца и пика суточного ската молоди проводится в первый день учетных работ и затем на восьмой день.

В ходе работ каждый час в журнал заносились данные о количестве пойманной молоди, температуре и уровне воды по водомерной рейке. Начало и конец суточного ската определяли делением пополам отрезка времени между двумя обловами, один из которых еще не дал молоди, а другой дал первый улов. Отрезок времени, на который пришлось наибольшее количество выловленной молоди, принимали за суточный пик ската.

За период учетных работ брались на анализ 3 пробы молоди лососей. Пробы брались по 100 шт. молоди в начале, середине и конце ската. Определялась длина АС с точностью до 1 мм. Измерения проводились на стекле, под которое подложена миллиметровка с размеченной прямой. После измерения молодь взвешивалась с точностью до 10 мг групповым методом, с поразмерной разбивкой с разницей в 1 мм между каждыми группами.

Во время ската проводились следующие гидрометеорологические наблюдения:

- а) измерения температуры воздуха – 3 раза в сутки (8, 14 и 20 ч);
- б) измерения температуры воды – 3 раза в сутки (8, 14 и 20 ч);
- в) измерения уровня воды – 3 раза в сутки (8, 14 и 20 ч).

### **Результаты исследований и их обсуждение**

В 2020 г. на р. Лесная продолжительность покатной миграции молоди составила 41 сут, с 14 мая по 23 июня. К началу ската температура воды в реке составляла 2,5 °С, а уровень воды равнялся 63 см. Во время ската температура воды в реке изменялась в пределах от 2,5 °С до 9,0 °С, уровень воды в реке повышался до 70 см и понижался до 50 см. К концу покатной миграции температура воды в реке составляла 6,0 °С, уровень воды 56 см.

За весенний период (18 дней мая) скатилось 9 876 567 шт. молоди (48 %), за летний период (23 дня июня) скатилось 10 681 432 шт. молоди (52 %).

За время прохождения ската было отмечено три пика численности молоди. Первый пик наблюдался 25 мая, было учтено 452 486 шт. молоди (5,5 %), при уровне воды 53 см, температуре воды 7,5 °С. Второй пик численности молоди наблюдался 2 июня – учтено 345 051 шт. молоди (3,8 %), уровень воды составил 52 см, температура воды – 7,4 °С. 6 июня был отмечен третий пик численности молоди горбуши, учтено 327 341 шт. молоди (3,5 %), при уровне воды в реке 57 см, температуре воды 7,0 °С. Определяющим фактором во время ската была температура воды, так как уровень воды весь период ската оставался почти неизменным. За период ската учтено 20 557 999 шт. молоди горбуши.

В 2022 г. учет покатной молоди горбуши в р. Лесная начали с 10 мая и закончили 18 июня. Продолжительность покатной миграции молоди составила 39 сут. К началу ската температура воды в реке составляла 2,4 °С, а уровень воды равнялся 56 см. Во время ската температура воды в реке изменялась в пределах от 2,4 °С до 9,0 °С, уровень воды в реке повышался до 60 см и понижался до 40 см. К концу покатной миграции температура воды в реке составляла 6,0 °С, уровень воды – 56 см.

За весенний период (21 день мая) скатилось 2 876 567 шт. молоди (44,7 %), за летний период (18 дней июня) скатилось 3 557 376 шт. молоди (55,3 %).

За время прохождения ската было отмечено три пика численности молоди. Первый пик наблюдался 27 мая, учтено 352 486 шт. молоди (5,5 %), уровень воды составил 50 см, температура воды – 8,0 °С. Второй пик численности молоди наблюдался 1 июня – учтено 245 051 шт. молоди (3,8 %), уровень воды составил 52 см, температура воды – 8,4 °С. 7 июня был отмечен третий пик численности молоди горбуши, учтено 227 341 шт. молоди (3,5 %), при уровне воды в реке 55 см, температуре воды 7,0 °С.

За весь период ската учтено 6 433 943 шт. молоди горбуши.

Анализируя влияние температуры и уровня воды в реке на динамику ската молоди горбуши в р. Лесная, можно сделать следующий вывод: на фоне практически постоянного уровня воды на динамику ската молоди горбуши влияние оказывала температура воды.

Эффективность нереста и эмбрионального развития горбуши зависит от многих факторов: численности производителей на нерестилищах, эффективности нереста одной самки, абиотических условий.

Мнения относительно влияния плотности заполнения нерестилищ на численность молоди, продуцируемой всем нерестовым стадом, расходятся. Одни считают, что увеличение численности производителей в конечном счете всегда приводит к увеличению количества молоди, выходящей из грунта, компенсируя снижение эффективности нереста одной самки. Другие отмечают, что увеличение численности производителей до какого-то предела сопровождается увеличением суммарного выхода молоди, а превышение этого предела приводит к его снижению.

В исследуемые нами годы не прослеживается взаимосвязь, когда при увеличении численности производителей увеличивается и численность покатной молоди (табл. 1).

Таблица 1

**Зависимость количества покатной молоди горбуши и численностью производителей на нерестилищах**

Table 1

**The dependence of the number of sloping pink salmon juveniles and the number of producers in spawning grounds**

Год	Количество производителей на нерестилищах, тыс. шт.	Количество покатной молоди, тыс. шт.
2020	175	20 557 999
2022	211	6 433 943

Покатная молодь горбуши мельче, чем у других лососей рода *Oncorhynchus*. Максимальная длина ее не превышает 39 мм, масса – 380 мг. Закономерных изменений длины и массы молоди горбуши на протяжении ската не обнаружено. В одни годы от начала к концу ската происходит увеличение ее длины и массы, в другие – уменьшение.

В 2020 г. на начало ската пределы колебаний длины покатной молоди составляли 31,0–37,0 мм, к середине минимальное значение увеличилось на 1 мм, а к концу ската длина покатной молоди изменялась в пределах 31,0–38,0 мм, за весь скат колебания также составляли 31,0–36,0 мм.

Что касается средних величин длины покатной молоди, то на протяжении ската происходило ее уменьшение, в целом за скат средняя длина составляла 34,1 мм.

Анализ вышеизложенных данных выявил закономерное уменьшение длины покатной молоди горбуши от начала к концу ската на р. Лесная 2020 г., что связано, по-видимому, с уменьшением кормовой базы в реке.

Анализ массового состава покатной молоди горбуши р. Лесная в 2020 г. показал, что пределы колебаний массы на начало ската составляли 152–270 мг, в середине ската минимальное значение увеличилось, а максимальное осталось неизменным, а в конце ската оба значения увеличились (183–227 мг). За весь скат масса изменялась от 152 до 270 мг, а средняя за скат составляла 228 мг.

Анализ массы покатной молоди горбуши р. Лесная в 2020 г. выявил закономерное уменьшение ее средних значений на протяжении ската.

Исследования размерного состава покатной молоди горбуши р. Лесная в 2022 г. показали, что на начало ската пределы колебаний длины покатной молоди составляли 30,0–36,0 мм, к середине минимальное значение увеличилось на 1 мм, а к концу ската длина покатной молоди изменялась в пределах 30,0–35,0 мм, за весь скат колебания составляли 30,0–36,0 мм.

Анализ массового состава покатной молоди горбуши р. Лесная в 2022 г. показал, что пределы колебаний массы на начало ската составляли 150–268 мг, в середине ската минимальное значение увеличилось, а максимальное осталось неизменным, а в конце ската оба значения увеличились (181–225 мг). За весь скат масса изменялась от 150–275 мг, а средняя за скат составляла 226 мг (табл. 2).

Таблица 2

**Размерно-массовые показатели молоди горбуши в 2020, 2022 гг.**

Table 2

**The size and mass indicators of juvenile pink salmon in 2020, 2022**

Год	Дата	Показатели			
		Длина, мм		Масса, мг	Коэффициент упитанности по Фультону Kf
		АС	АД		
2020	Начало ската	34,7±1,2	31,8±1,1	239±5,4	0,74±0,06
		31,0–37,0	28,0–34,0	152–270	0,68–0,79
	Середина ската	34,0±1,1	31,0±1,0	227±4,8	0,79±0,09
		32,0–37,0	29,0–34,0	180–270	0,68–0,84
Конец ската	33,7±1,1	30,8±1,0	217±4,2	0,74±0,06	
	31,0–36,0	29,0–33,0	183–227	0,70–0,77	
Среднее по трем анализам	34,1±1,2	31,2±1,1	228±4,8	0,76±0,08	
	31,0–37,0	28,0–34,0	152–270	0,68–0,84	
2022	Начало ската	33,7±1,2	30,8±1,1	237±5,4	0,74±0,06
		30,0–36,0	27,0–33,0	150–268	0,68–0,79
Середина ската	33,0±1,1	30,0±1,0	225±4,8	0,79±0,09	
	31,0–36,0	28,0–33,0	178–268	0,68–0,84	
Конец ската	33,7±1,1	30,8±1,0	215±4,2	0,74±0,06	
	30,0–35,0	28,0–32,0	181–225	0,70–0,77	
Среднее по трем анализам	33,5±1,2	30,5±1,1	226±4,8	0,76±0,08	
	30,0–36,0	27,0–33,0	150–275	0,68–0,84	

\* В числителе – среднее значение, в знаменателе – размах колебаний.

**Заклучение**

На основании полученных данных можно сделать вывод, что основным определяющим фактором, действующим на динамику ската молоди горбуши, являлась температура воды.

Скат молоди в период наблюдений начинался 10–14 мая. Основная масса молоди (80–90 %) скатывалась также примерно в одно время – третья декада мая, первая декада июня. Заканчивался скат в основном во второй декаде июня.

Длина молоди горбуши в 2020 г. изменялась в пределах 31,0–37,0 мм, средняя длина составляла 34,1 мм. Масса в этом году колебалась в пределах 152–270 мг, средняя за скат составляла 228 мг.

Длина молоди горбуши в 2022 г. была в пределах 30,0–36,0 мм, средняя длина составляла 33,5 мм. Масса была в диапазоне 150–275 мг, средняя за скат составляла 226 мг.

Между численностью производителей на нерестилищах и количеством покатной молоди не было установлено, что с увеличением производителей на нерестилищах происходит и увеличение количества молоди.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что они согласуются с ранее проведенными исследованиями. Сроки ската молоди горбуши были практически одинаковы во всех реках о. Сахалин. Массовый скат горбуши протекал в последней декаде мая и первой декаде июня. В этот период скатилось более 80 % мальков [5].

#### **Список источников**

1. Коновалов С. М. Научные основы рационального промысла тихоокеанских лососей и его принципиальная схема // Резервы лососевого хозяйства Дальнего Востока. Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. С. 13–23.
2. Ефанов В. Н. Организация мониторинга и моделирование запасов популяций рыб. Южно-Сахалинск : Изд-во СахГУ, 2003. С. 8–9.
3. Фельдман М. Г., Бугаев А. В. Современные принципы управления запасами горбуши Камчатского края (динамика численности, прогнозирование, регулирование промысла) // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22, № 4. С. 86–95.
4. Инструкция по учету покатной молоди лососей на реках Сахалина / Сахалинрыбвод. Южно-Сахалинск, 2006. С. 4–10.
5. Каев А. М., Авдеев Д. В., Дзен Г. Н., Захаров А. В., Ромасенко Л. В., Середа В. В., Сухонос П. С. Результаты количественного учёта покатной молоди горбуши в реках островов Сахалин и Итуруп в 2018 г. // Бюл. № 13. Изучение тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-центр, 2018. С. 80–87.

#### **Информация об авторе**

М. М. Сергеева – старший преподаватель кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура».

#### **Information about the author**

M. M. Sergeeva – Senior Lecturer of the Department of Water Bioresources and Aquaculture.

Статья поступила в редакцию 13.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 13.05.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

## РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 597.2/5

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-14

EDN: YABWTW

### Размерно-весовые характеристики ленской популяции сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869

Лена Иннокентьевна Сидорова<sup>1</sup>, Александр Фёдорович Кириллов<sup>2</sup>, Михаил Михайлович Ксенофонтов<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Якутский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЯкутскНИРО»), Якутск, Россия

<sup>1</sup> kuzmina\_lena\_in@inbox.ru

<sup>2</sup> afkirillov@yandex.ru

<sup>3</sup> mikhail.ksen.mk@gmail.com

**Аннотация.** Промышленный и любительский вылов сибирского осетра *Acipenser baerii* в ареале разрешен только в бассейне р. Лена, остальные популяции внесены в Красную Книгу России. Наибольшим промыслом осваивается осетр в нижнем течении и в дельте р. Лена. Являясь эндемичной формой, адаптированной к обитанию в суровых климатических условиях Сибири, ленская популяция сибирского осетра представляет высокий научный интерес. Сибирский осетр является особо ценным видом рыб и занимает важное место как объект воспроизводства при компенсационных мероприятиях и представляет высокий спрос в аквакультуре. Исследование проводилось в среднем, нижнем течении и дельте р. Лена. Целью работы послужило уточнение средней массы промыслового размера сибирского осетра для использования в расчете компенсационных мероприятий для восстановления нарушенного состояния водных биоресурсов вследствие ведения хозяйственной деятельности. Используемые методики определения размерно-возрастного состояния осетра общепринятые – измерялась длина тела от конца рыла до проекции конца средних лучей хвостового плавника (промысловая длина). Возраст определялся по спилам маргинального луча грудного плавника. В результате исследований сибирский осетр в контрольных уловах 2016–2023 гг. представлен возрастными группами 1+-27+ лет с длиной 18,5–111,0 см и массой 29–6960 г. Промысловых размеров осетр в р. Лена встречается в возрасте 14+-27+ лет при длине тела 62,0–111,0 см ( $73,56 \pm 1,97$ ). Определена средняя масса сибирского осетра промыслового размера в р. Лена, которая составила 2856,5 г. При компенсационных мероприятиях рекомендуется использовать среднюю массу, округленную до 3 кг.

**Ключевые слова:** река Лена, среднее течение реки Лена, нижнее течение реки Лена, сибирский осетр, промысловые размеры, масса, возраст, вылов осетра, средняя масса осетра, эндемичная форма

**Для цитирования:** Сидорова Л. И., Кириллов А. Ф., Ксенофонтов М. М. Размерно-весовые характеристики ленской популяции сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 127–131

## FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

### Size and weight characteristics of Lena population of *Acipenser baerii* Brandt, 1869

Lena I. Sidorova<sup>1</sup>, Alexander F. Kirillov<sup>2</sup>, Mikhail M. Ksenofontov<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Yakut Branch of All-Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («YakutskNIRO»), Yakutsk, Russia

<sup>1</sup> kuzmina\_lena\_in@inbox.ru

<sup>2</sup> afkirillov@yandex.ru

<sup>3</sup> mikhail.ksen.mk@gmail.com

**Abstract.** Industrial and recreational fishing of the *Acipenser baerii* in its habitat is permitted only in the Lena River basin; the remaining populations are included in the Red Book of Russia. The largest sturgeon fishery is developed in the lower reaches and in the river delta. Lena. Being an endemic form adapted to living in the harsh climatic conditions of Siberia, the Lena population of *Acipenser baerii* is of high scientific interest. The *Acipenser baerii* is a particularly valuable fish species and occupies an important place as an object of reproduction during compensatory measures and is in high demand in aquaculture. The study was carried out in the middle, lower and delta of the Lena River. The purpose of the work was to clarify the average weight of the commercial size of *Acipenser baerii* for use in calculating compensatory measures to restore the disturbed state of aquatic biological resources as a result of economic activities. The methods used to determine the size and age status of *Acipenser baerii* are generally accepted - the body length was measured from the end of the snout to the projection of the end of the middle rays of the caudal fin (fishing length). Age was determined by cuttings of the marginal ray of the pectoral fin. As a result of research, *Acipenser baerii* in control catches of 2016-2023. represented by ages 1+-27+ years with a length of 18.5-111.0 cm and a weight of 29-6960 g. Commercial size *Acipenser baerii* in the Lena river is found at the age of 14+-27+ years with a body length of 62.0-111.0 cm ( $73.56 \pm 1.97$ ). The average weight of *Acipenser baerii* of commercial size in the river was determined. Lena, which amounted to 2856.5 g. When compensating measures, it is recommended to use the average weight, rounded to 3 kg.

**Keywords:** river Lena, middle course of the Lena river, lower course of the Lena river, *acipenser baerii*, fishing size, weight, age, *acipenser baerii* catch, average weight of *acipenser baerii*, endemic form

**For citation:** Sidorova L. I., Kirillov A. F., Ksenofontov M. M. Size and weight characteristics of Lena population of *Acipenser baerii* Brandt, 1869. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):127–131. (in Russ.).

### Введение

Сибирский осетр *Acipenser baerii* в р. Лена распространен неравномерно. В русле верхнего течения малочислен и единично встречается до Усть-Кута. Наибольшая численность от-



мечается в среднем (расчетная численность на 400-километровом участке, по данным О. Ю. Вилковой с соавторами [1], равна 120 тыс. экз.) и нижнем участках реки, а также протоках и устьевой области дельты, встречается в заливе Неелова [2], а в многоводные годы при большом пресном стоке заходит в бухту Тикси [3] и прибрежные ее части заливов Булункан и Сого. Известны несколько локальных группировок, каждая из которых имеет свои районы нагула, зимовок и нереста [4–8]: Быковское, Нижне-Трофимовское, Тит-Арынское, Жиганское, Вилуйское, Алданское и Якутско-Олекминское.

Наибольшую промысловую численность имеет осетр, обитающий в нижнем течении и дельте р. Лены, где располагаются его основные нерестилища.

Половой зрелости сибирский осетр достигает в возрасте 11+-21+ лет при длине тела 63–75 см и массе 1,5–4,4 кг [5, 8–16]. Периодичность нереста 3–5 лет.

Промысловый и любительский вылов сибирского осетра в ареале разрешен только в бассейне Лены, остальные популяции внесены в Красную Книгу России.

Ленская популяция сибирского осетра представляет научный интерес как эндемичная форма осетровых рыб, адаптированная к обитанию в суровых климатических условиях Сибири. Являясь особо ценным видом рыб, занимает важное место как объект воспроизводства при компенсационных мероприятиях и представляет высокий спрос в аквакультуре.

При расчете количества молоди сибирского осетра, необходимого для компенсационных мероприятий, используется средняя масса одной воспроизводимой особи. До настоящего момента, ввиду отсутствия результатов современных исследований размерно-возрастного состава ленской популяции осетра, при расчете применяется показатель массы в размере 10 кг. Уточнение средней массы половозрелого сибирского осетра р. Лена стало целью нашего исследования.

### **Материалы и методы**

Материал собран в 2013, 2016–2019, 2022, 2023 гг. в среднем, нижнем течении и в дельте р. Лена в период открытой воды. Лов осетра проводился переметами, ставными и сплавными сетями с шагом ячеи 30–120 мм.

В тексте и таблице приведена длина тела от конца рыла до проекции конца средних лучей хвостового плавника (промысловая длина). Возраст определялся по спилам маргинального луча грудного плавника [17].

На биологический анализ взято: в 2013 г. 18 особей сибирского осетра, в 2016–2019 гг. – 369 экз., в 2022 г. – 80 экз. и в 2023 г. – 62 экз.

### **Результаты исследований**

Размерно-возрастной состав осетра в среднем течении реки в 2016 г. был представлен рыбами в возрасте 7+-11+ лет, длиной 22–76,5 см ( $41,1 \pm 1,13$ ) и массой 63–4720 г ( $562 \pm 94,9$ ). 98 % в уловах представили неполовозрелые особи в возрасте 7+-11+ лет с длиной 34,5–44,0 см и массой 252–604 г. В 2017 г. – в возрасте 1+-22+ лет, длиной 18,5–74,6 см ( $69,7 \pm 5,55$ ) и массой 44–3260 г ( $405 \pm 34,12$ ). 77 % в уловах представили особи в возрасте 5+-9+ лет с длиной 25,6–40,6 см и массой 99–448 г. В 2018 г. – в возрасте 3+-26+ лет с длиной 27,1–84,5 см ( $47,5 \pm 1,49$ ) и массой 125–4117 г ( $920 \pm 84,4$ ). Неполовозрелые особи в возрасте от 3+-11+ лет составили 50 % от общего количества. В 2019 г. – в возрасте 3+-25+ лет с длиной 31,0–82,0 см ( $45,9 \pm 1,12$ ) и массой 172–4815 г ( $816 \pm 81,4$ ). Неполовозрелые особи с длиной 35,0–52,0 см и массой 300–995 г составили 94 %. В 2022 г. – в возрасте 3+-20+ с длиной 28,5–65,0 см ( $47,3 \pm 1,74$ ) и массой 110–1582 г ( $682 \pm 73$ ). Неполовозрелые особи с длиной 28,5–65,0 см и массой 110–1582 г составили 97 %.

В 2023 г. в среднем течении реки осетр в уловах был представлен в возрасте 3+-21+ лет, при длине 26,6–71,0 см и массе 29–6960 г. В нижнем течении р. Лена возраст варьировал от

9+ до 27+ лет, при длине тела 43,0–111 см и массе 355–6900 г. В целом возраст выловленных осетров варьировал от 3+ до 27+ лет, при длине тела 26,6–111,0 см ( $56,9 \pm 2,43$ ) и массе 29–6960 г ( $1450 \pm 226$ ). Неполовозрелые особи с длиной 26,6–111,0 см и массой 29–6960 г составили 76 %.

В целом по результатам исследований сибирский осетр р. Лена представлен в возрасте 1+–27+ лет с длиной 18,5–111,0 см и массой 29–6960 г. Возрастной состав осетра промыслового размера варьирует от 14+ до 27+ лет, длиной от 62,0 до 111,0 см и массой от 1131 до 6960 г. Средняя масса при этом составляет 2856,5 г (таблица).

### Размерно-возрастной состав сибирского осетра в среднем течении р. Лена в 2016–2023 гг.

#### Size and age composition of Siberian sturgeon in the middle reaches of the Lena River in 2016–2023

Год	Возраст, лет	Длина тела, см		Масса тела, г	
		колебания	среднее	колебания	среднее
2016	26+	76,5	76,5	4720	4720
2017	21+–22+	63,6–74,6	$69,7 \pm 5,55$	2240–3260	$2683 \pm 273,4$
2018	16+–26+	63,0–84,5	$67,4 \pm 1,53$	1516–4117	$2157 \pm 175,8$
2019	14+–25+	63–82	$68,25 \pm 6,54$	1627–4815	$2630 \pm 584$
2022	18+	65	65	1582	1582
2023	14+–27+	62,0–111,0	$79,8 \pm 3,49$	1131–6960	$3367 \pm 463$
2016–2023	14+–27+	62,0–111,0	71,11	1131–6960	2856,5

Количество рыб, подпадающих под утвержденный Правилами рыболовства промысловый размер при осуществлении промышленного и прибрежного рыболовства в Восточно-Сибирском рыбохозяйственном бассейне [18], в уловах составляют 8,9 % и представлено в возрасте 14+–27+ лет, длиной 62,0–111,0 см ( $73,56 \pm 1,97$ ) и массой 1131–6960 г ( $2836 \pm 251$ ).

#### Заключение

В результате исследований размерно-возрастного состава ленской популяции сибирского осетра выявили, что средняя масса особей промыслового размера составляет 2856,5 г. Соответственно, используемая в расчете компенсационных мероприятий средняя масса осетра в размере 10 кг не корректна. Определенный размер средней массы сибирского осетра при расчете количества выпускаемой молодежи следует округлить до 3 кг. Таким образом, получим более достоверное количество выпускаемого осетра, необходимого для восстановления нарушенного состояния.

#### Список источников

1. Вилкова О. Ю., Бурмистров Е. В., Свешников Ю. А. Состояние популяции сибирского осетра среднего течения реки Лена в летний период // Труды ВНИРО. 2023. Т. 194. С. 37–43.
2. Кириллов А. Ф., Карпова Л. Н., Жирков Ф. Н., Апсолихова О. Д., Свешников Ю. А. Водные биологические ресурсы шельфа моря Лаптевых и перспективы их хозяйственного освоения. Тюмень : Госрыбцентр, 2016. 116 с.
3. Кириллов Ф. Н. Рыбы бухты Тикси // Уч. зап. Томского гос. ун-та. 1950. Т. 15. С. 155–162.
4. Дрягин П. А. Биология сибирского осетра, его запасы и рациональное использование // Изв. ВНИОРХ. Т. XXIX. 1949. С. 3–52.
5. Пирожников П. Л. Материалы по биологии промысловых рыб р. Лены // Известия ВНИРО. 1955. Т. 35. С. 61–128.

6. Дормидонтов А. С., Софронов М. П. Биология осетра нижней Лены, его промысел и охрана // Природные ресурсы Якутии, их использование и охрана: материалы VII Респ. совещ. по охране природы Якутии. Якутск, 1976. С. 23–28.

7. Соколов Л. И., Кошелев Б. В., Рубан Г. И. и др. Экологическая характеристика сибирского осетра *Acipenser baeri* Brandt реки Алдан // Вопр. ихтиологии. 1986. Т. 26, вып. 5. С. 741–749.

8. Кириллов А. Ф., Книжин И. Б. Современный состав и история формирования ихтиофауны реки Лена (бассейн моря Лаптевых) // Вопросы ихтиологии. 2014. Т. 54, № 4. С. 413–425.

9. Карантонис Ф. Э., Кириллов Ф. Н., Мухомедияров Ф. Б. Рыбы среднего течения р. Лены // Тр. Ин-та биологии. Иркутск, 1956. Вып. 2. С. 3–144.

10. Соколов Л. И. Созревание и плодовитость сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt р. Лены // Вопр. ихтиологии. 1965. Т. 5, вып. 1. С. 70–81.

11. Кириллов Ф. Н. Рыбы Якутии. М. : Наука, 1972. 360 с.

12. Кириллов Ф. Н. Ихтиофауна бассейна реки Вилюя // Тр. Ин-та биологии ЯФ СО АН СССР. Фауна рыб и позвоночных. М. : Изд-во АН СССР, 1962. Вып. 8. С. 5–71.

13. Соколов Л. И., Малютин В. С. Особенности структуры популяции и характеристики производителей сибирского осетра р. Лены в районе нерестилищ // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17, вып. 2. С. 237–246.

14. Черешнев И. А., Скопец М. Б, Кириллов А. Ф. Пресноводные рыбы // Красная книга Севера Дальнего Востока России (животные, пресноводные рыбы). Москва : Р98ТОО «Пента», 1998. С. 19–71.

15. Рубан Г. И. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология). М. : ГЕОС, 1999. 236 с.

16. Малютин В. С., Рубан Г. И. К истории рыбоводного освоения сибирского осетра *Acipenser baerii* реки Лена для целей акклиматизации и товарного выращивания // Вопр. ихтиологии. 2009. Т. 49, № 3. С. 389–395.

17. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М. : Изд-во АН СССР, 1959. 64 с.

18. Правила рыболовства для Восточно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна // Приказ Минсельхоза России от 03.09.2014 г. № 348.

### Информация об авторах

Л. И. Сидорова – заведующий лабораторией водных биоресурсов, SPIN-код:5096-7558, AuthorID:856888.

А. Ф. Кириллов – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 3948-6848, AuthorID: 856924.

М. М. Ксенофонтов – главный специалист лаборатории водных биоресурсов.

### Information about the authors

L. I. Sidorova – Head of the Laboratory of Aquatic Bioresources, SPIN-code: 5096-7558, AuthorID: 856888.

A. F. Kirillov – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, SPIN-code: 3948-6848, AuthorID: 856924.

M. M. Ksenofontov – Chief Specialist of the Laboratory of Aquatic Bioresources.

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 132–139.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 68, no 2. P. 132–139.

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

Научная статья

УДК 621.431.74

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-15

EDN: YUBOCB

### **Анализ особенностей рабочего цикла судовых двутопливных малооборотных дизелей**

**Дмитрий Константинович Глазюк**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, Glaziuk.DK@dgtru.ru

**Аннотация.** Автором рассматривается танкерный флот как наиболее перспективный в обеспечении энергетической независимости и конкурентной торговли на мировых рынках. Приводится важная информация об источниках энергии традиционных в СЭУ, так и набирающих популярность. Рассмотрены теоретические циклы малооборотных двутопливных дизелей на разных источниках энергии. Приводятся результаты анализа рабочих циклов судовых малооборотных дизелей (МОД) на основе опыта эксплуатации серии двутопливных дизелей X50DF и X72DF.

**Ключевые слова:** малооборотные дизеля, двутопливные дизели, рабочий цикл судового дизеля

**Для цитирования:** Глазюк Д. К. Анализ особенностей рабочего цикла судовых двутопливных малооборотных двигателей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 132–139.

## MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

### **Analysis of the features of the working cycle of marine dual-fuel low-speed diesels**

**Dmitry K. Glazyk**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, Glaziuk.DK@dgtru.ru

**Abstract.** The author considers the tanker fleet as the most promising in ensuring energy independence and competitive trade on world markets. Important information is provided about energy sources both traditional in marine power plants and gaining popularity. The theoretical cycles of low-speed dual-fuel diesels using different energy sources are considered. The paper also presents the results of an analysis of the operating cycles of marine low-speed diesels based on the experience of operating a series of dual-fuel diesels X50DF and X72DF.

**Keywords:** low-speed diesel engines, dual-fuel diesel engines, marine diesel duty cycle

**For citation:** Glazyk D. K. Analysis of the features of the working cycle of marine dual-fuel low-speed diesels. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):132-139. (in Russ.).

### Введение

Россия – это не только страна с огромными территориями ее сухопутной части, но и в первую очередь – это морская держава. Развитие логистических цепочек, как и самого флота, имеет стратегическое значение. Одно из наиболее перспективных стратегических направлений – развитие собственного танкерного флота. К танкерному флоту относятся несколько категорий судов, это нефтяные танкеры и танкеры-газовозы. Необходимость в перевозке сырой нефти и нефтепродуктов зародилась очень давно, гораздо раньше появления первого танкера-газовоза. Реализовывались задачи по перевозке данных грузов по мере возникновения определенного уровня спроса на мировом рынке.

Нефтяные танкеры представляют собой тип судна по перевозке нефтеналивных грузов. Как и у любого торгового судна, у нефтяных танкеров имеются свои отличия в сравнении со спецификой иных торговых судов, в частности, это система хранения груза, система бункеровки и выдачи топлива. Всё остальное – это традиционные СЭУ, знакомые нам десятилетиями, с естественными темпами модернизации систем и механизмов.

Танкеры-газовозы можно по праву считать новой веткой развития танкерного флота. Несмотря на то, что первые сведения о перевозках сжиженных газов морем относятся к 1930 г., широкое развитие морские перевозки сжиженного газа получили лишь после 50-х гг. XX в. С тех пор постоянно продолжается развитие данного типа судов, разрабатываются и внедряются ранее не проектируемые на судах системы бункеровки, хранения товарного топлива, транспортировки топлива до потребителя. Существенно изменился и весь комплекс СЭУ. Все эти факторы вынужденно привели к значительному росту рыночной стоимости этих судов в сравнении с нефтяными танкерами при прочих равных.

Сам по себе природный газ, как и нефть, является очень ценным природным ископаемым. По химическому составу это тоже углеводород. Химический состав природного газа будет сильно зависеть от района добычи (месторождения), так как природный газ – это набор «моногазов», таких как метан, этан, пропан, бутан, пентан, азот, углекислый газ и других газов в значительно меньшей пропорции. Данный вид топлива создаёт серьёзную конкуренцию как наиболее перспективный по причине следующих трёх факторов:

- запасов природного газа на планете значительно больше, чем нефти;
- конечный продукт в производстве дешевле нефтепродуктов;
- продукты сгорания природного газа обладают меньшей токсичностью по сравнению с нефтепродуктами.

Преимущества природного газа перекрывают все его недостатки в сравнении с традиционными источниками энергии.

В связи с перспективностью природного газа становится обоснованным кратное увеличение грузоперевозок данного топлива в современных реалиях.

Колоссальный рост интереса к природному газу вынужденно привёл к необходимости использования его в качестве источника энергии не только береговыми мощностями. Относительно недавно появилась необходимость использовать газ и в СЭУ. Эксперименты по созданию рабочих циклов газожидкостных двигателей проводились ещё в СССР в 70-х гг. XX в. С ростом производства танкеров-газовозов появилась обоснованная потребность в судовых дизелях, рабочий цикл которых реализован не только от использования традиционных жидких топлив, но и газовых топлив с низкой температурой вспышки. Таким образом, получили широкое распространение так называемые судовые двутопливные ДВС – Dual Fuel (DF). По причине существенных различий в способах осуществления рабочих процессов га-

зожидкостных циклов (подвод энергии, смесеобразование, отвод тепла) различных судовых дизелей, автор ограничивается рассмотрением только цикла малооборотных двухтактных крейцкопфных двутопливных дизелей. Также используемые эмпирические данные подразумевают наличие опыта эксплуатации серии малооборотных дизелей (МОД) X50DF и X72DF.

Сложность организации рабочих циклов двутопливных дизелей сводится к применению в качестве источников энергии топлив с разными физико-химическими свойствами в одном ДВС. Ещё сложнее адаптировать в этом случае работу ДВС на разных режимах нагрузки. В двигателестроении давно уже нашли применение множество источников энергии: жидкие топлива на базе нефтепродуктов, синтетические топлива, спирты и природный газ [1]. В качестве источника энергии в работе рассматриваются жидкие топлива (дизельное и мазут), а также природный газ.

Те или иные свойства топлива ограничивают возможности его использования в двигателе. Наиболее значимые из них:

- низшая теплота сгорания ( $Q_n$ );
- температура вспышки и самовоспламенения;
- актановое, цетановое и метановое числа.

Низшая теплота сгорания топлива оказывает существенное влияние на мощность двигателя, его экономичность.  $Q_n$  дизельного топлива находится в пределах 42400–42700 кДж/кг. У тяжёлых сортов топлив этот параметр 39000–41700 кДж/кг. К этим сортам также относятся низкосернистые и микс с содержанием серы менее 0,5 %. С природным газом не всё так однозначно. К природному газу можно отнести любой газ, добываемый на планете. Также он является смесью газов: в подавляющем большинстве метан ( $CH_4$ ), этан ( $C_2H_6$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ), пентан ( $C_5H_{12}$ ), азот ( $N_2$ ), оксиды углерода и высшие углеводороды [2]. До 98 % в природном газе может содержаться  $CH_4$ . В зависимости от месторождения газа его низшая теплота сгорания может колебаться от почти 25000 до 35000 кДж/м<sup>3</sup>. Приведя к  $Q_n$  массовой его энергетическая ценность может находиться в пределах 35000–50000 кДж/кг, где 50000 соответствует 100 % содержанию метана [3]. Разброс очень большой по причине наличия множества газов, различимых по плотности и калорийности. Это является одной из основных проблем данного источника энергии.

Переходя к следующей проблеме использования природного газа на судне, нельзя не упомянуть и о таких свойствах топлива, как температура вспышки и самовоспламенения. Температура вспышки – это параметр безопасности. У газа она значительно ниже по сравнению с дизельными топливами. А это налагает огромные ограничения на его бункеровку, хранение и использование, тем самым значительно удорожая эксплуатацию судовых топливных систем. Температура самовоспламенения – параметр, обеспечивающий осуществление рабочего цикла судового дизеля. Дизель работает по принципу самовоспламенения в камере сгорания топливоздушнoй среды. Жидкие топлива, такие как дизельное топливо и более тяжёлые сорта, гарантированно обеспечивают этот принцип. Необходимая температура самовоспламенения 250–350 °C успешно создаётся на такте сжатия. Но данной температуры явно не достаточно для самовоспламенения природного газа в газоздушнoй среде. Температура самовоспламенения отдельных газов, таких как:

- $C_3H_8$  – свыше 410 °C;
- $CH_4$  – свыше 610 °C.

Такое завышение температуры самовоспламенения по сравнению с жидкими топливами связано с ещё одним свойством газа – низким содержанием цетана в топливе. Этот факт затрудняет использование природного газа в роли основного источника энергии для реализации рабочего цикла судового ДВС.

После приведённых особенностей газового топлива в роли альтернативного источника энергии для судовых ДВС напрашивается вывод о невозможности использования его в цикле

ДВС. Тем не менее использовать природный газ как основной источник энергии в цикле современного ДВС возможно только после доработки организации цикла.

С 70-х гг. XX в. успешно рассматривается проблематика использования газового и газожидкостного топлива для ДВС. В работах [4, 5, 6] приведены рекомендации по обеспечению работоспособности цикла с использованием природного газа как основного источника энергии. В основном рекомендации сводятся к повышению параметра  $\varepsilon$  – степень сжатия свыше 20, корректировки параметра  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха для различных конфигураций камер сгорания либо исполнение принудительного воспламенения в виде свечи или запальных форсунок.

Если обратиться к современным инженерным разработкам ведущих мировых компаний WARTSILA, MAN, WinGD, станет известно, что инженеры пошли по пути снижения токсичности продуктов сгорания, что и предписано требованиями ИМО. За основу реализации рабочего цикла современных судовых дизелей взят цикл со смешанным подводом энергии (Тринклера – Сабатэ). Данный цикл отлично реализуется в комплексе с системой подачи топлива *common rail* и VIT (*Variable injection timing*). Но с постоянно ужесточаемыми конвенционными требованиями по борьбе с загрязнением окружающей среды становится уже невозможным снижать токсичность и при этом оставаться на топливе из нефтепродуктов (мазут и низкосернистые топлива) в соответствии со стандартом ИМО Tier III по NOx и SOx. Очевиден выход – использование более экологичных топлив, таких как природный газ.

Согласно информации, полученной из технической документации (WinGD), для реализации теоретического цикла двухтактных двухтопливных ДВС на жидком топливе (дизельное или мазут) в основе лежит цикл Дизеля, рис. 1. Реализация теоретического цикла двухтактных ДВС на газожидкостном топливе (природный газ и дизельное топливо) представлена на рис. 2 и соответствует в большей степени циклу Отто.

Мы видим, что на рис. 1 и 2 изображены циклы с разными способами подвода энергии, а именно изобарный и изохорный, что соответствует циклу Дизеля и циклу Отто. Точки 1, 2, 3, 4 соответствуют процессам между тактами дизеля. Важный момент – это начало подачи 2 топлива жидкого основного (цикл Дизеля), либо запального (цикл Отто). Данное топливо подаётся в непосредственной близости ВМТ на номинальной мощности.

Точки 4 и 1 соответствуют моменту открытия и закрытия выпускного клапана. Точки «а», «b» – открытие и закрытие продувочных окон соответственно. На участке после закрытия продувочного окна осуществляется подача природного газа через газовые клапаны во втулке цилиндра (цикл Отто). На смесеобразование отводится гораздо больше времени в сравнении с циклом Дизеля.

Более подробная информация была получена в процессе работы двухтактного дизеля на номинальной нагрузке и снята с развёрнутых индикаторных диаграмм (рис. 3, 4).

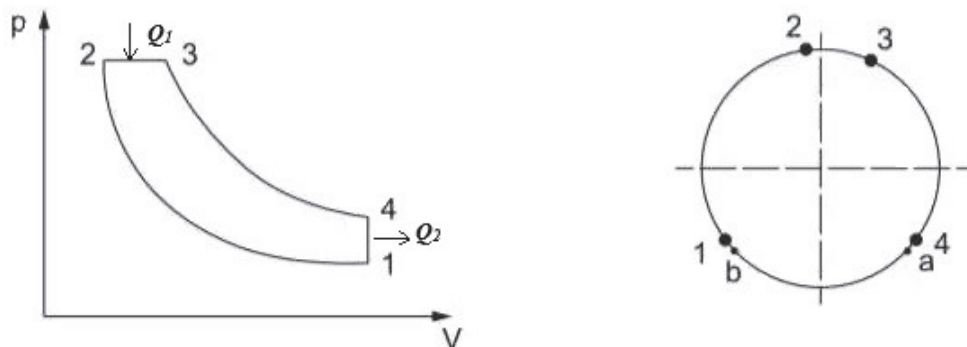


Рис. 1. Теоретический цикл двухтактных ДВС на жидком топливе  
Fig. 1. Theoretical cycle of Dual Fuel (DF) with liquid fuel

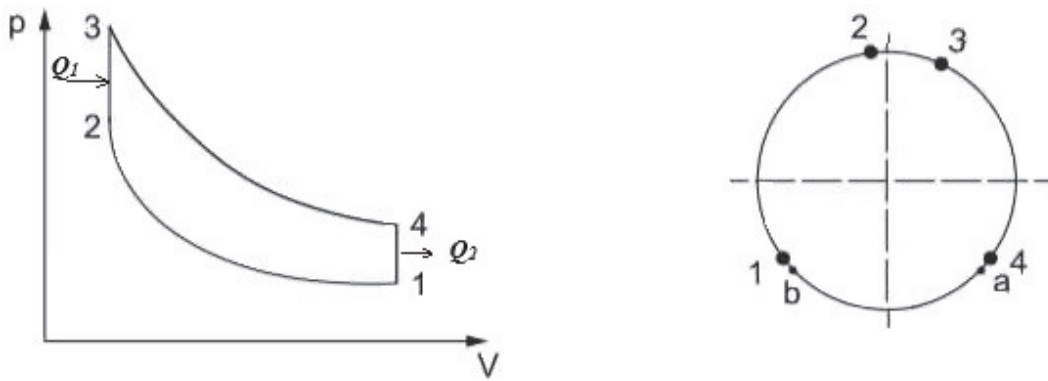


Рис. 2. Теоретический цикл двухтактных ДВС на газожидкостном топливе  
 Fig. 2. The theoretical cycle of Dual Fuel (DF) with gas-liquid fuel

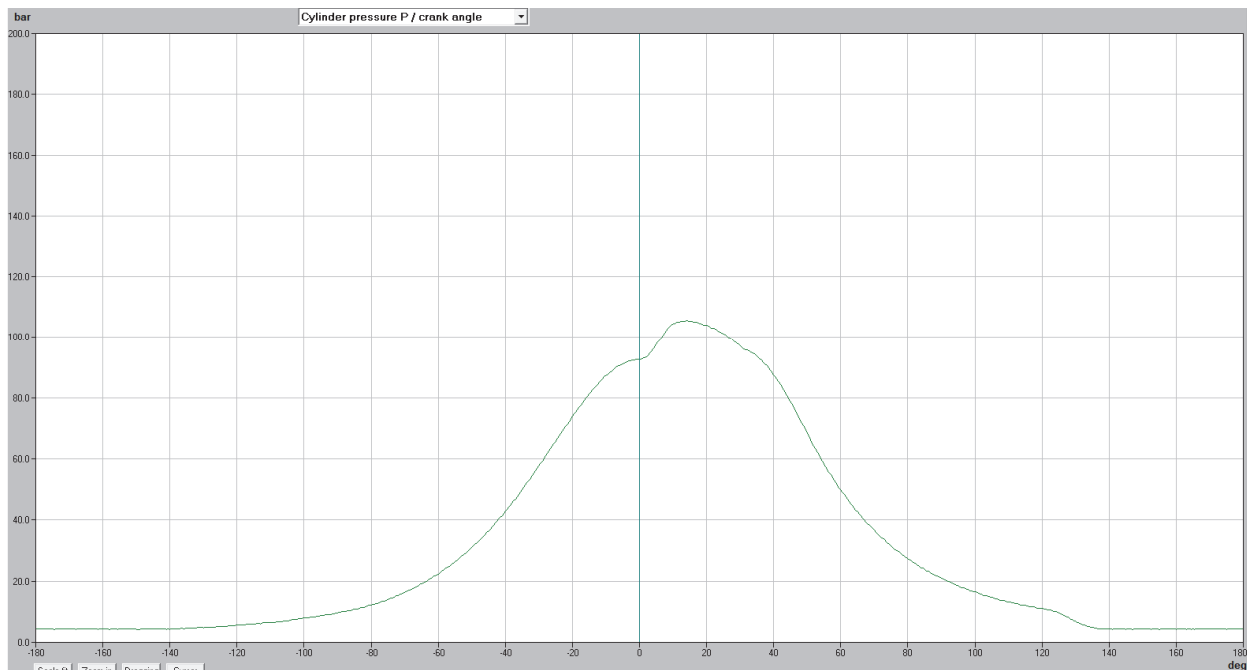


Рис. 3. Развёрнутая индикаторная диаграмма двухтактного ДВС на жидком топливе  
 Fig. 3. Detailed indicator diagram of Dual Fuel (DF) with gas-liquid fuel

В процессе индицирования дизеля WARTSILA 5X50DF были получены важные индикаторные параметры работы дизеля на разных источниках энергии с использованием бортового программного обеспечения. Параметры во всех случаях подачи основного топлива (низкосернистый мазут или газожидкостное топливо) приведены в сводной таблице. В случае работы дизеля на жидком топливе клапан сброса давления (Waste Gate) перед газовой частью турбины открыт на 100 %. При использовании газожидкостного топлива клапан сброса открыт на 5 %.

Сравнительный анализ двух индикаторных диаграмм (рис. 1–2) показывает изменения способа подведения энергии. Данные циклы максимально приближены к циклам Отто и Дизеля с естественными негативными последствиями для работы дизеля. Под негативными последствиями подразумевается высокий рост температуры выпускных газов и максимальное давление сгорания в цилиндре.



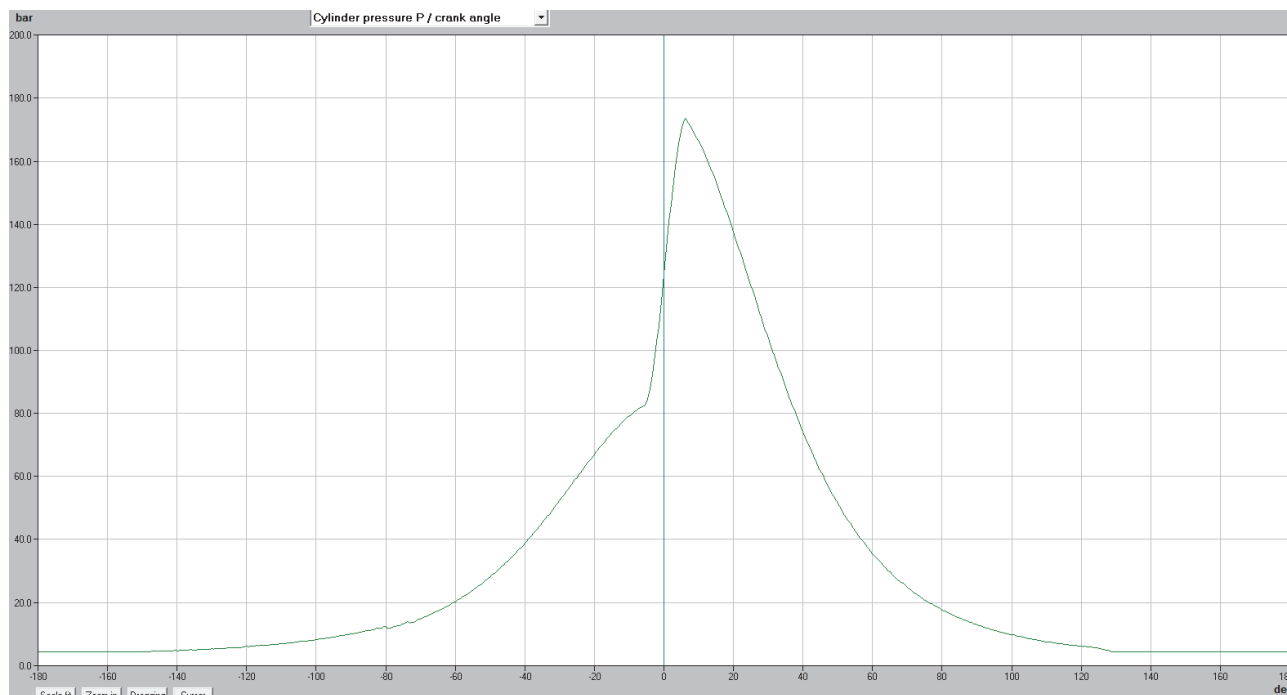


Рис. 4. Развёрнутая индикаторная диаграмма двухтактного ДВС на газожидкостном топливе  
Fig. 4. Detailed indicator diagram of Dual Fuel (DF) with liquid fuel

**Сводная таблица параметров работы дизеля при номинальной мощности  
на разных источниках энергии**

**Summary table of diesel operation parameters at rated power  
on different energy sources**

Обозначение	Ед. измерения	Показатель	
		мазут	газ
$N_{ном}$ – номинальная мощность дизеля	кВт	5850	5850
$P_z$ – максимальное давление сгорания	бар	104,7	172,7
$P_c$ – максимальное давление сжатия	бар	91,4	122,9
$T_2$ – температура выпускных газов	°С	422	372
$n_{ГД}$ – обороты ГД	мин <sup>-1</sup>	102	102
$n_{ТК}$ – обороты турбокомпрессора	мин <sup>-1</sup>	20100	18961
$P_k$ – давление наддувочного воздуха	бар	3,34	3,38
$^\circ\varphi_1$ – открытие выпускного клапана	° ПКВ	115	115
$^\circ\varphi_2$ – закрытие выпускного клапана	° ПКВ	265	265
$^\circ\varphi_3$ – начало подачи топлива через форсунку:	° ПКВ		
запальная		-5	-5
основная		-0,2	–
$^\circ\varphi_4$ – начало подачи топлива через клапан	° ПКВ	–	222

Используя данные из таблицы, а также рис. 3 и 4, можно получить косвенные параметры механической напряжённости двигателя. От величины механических напряжений в ЦПГ и деталях КШМ зависит непрерывная и надёжная работоспособность дизеля. Один из параметров, косвенно оценивающий механическую напряжённость, – степень повышения давления ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}. \quad (1)$$

При работе на жидком топливе при номинальном режиме нагрузки  $\lambda=1,14$ , что показывает превышение максимального давления сгорания всего на 14 % от давления сжатия. Данный параметр очень мал, даже для малооборотных двигателей – менее 15 %. При таких условиях работы нагрузка на ЦПГ низкая, и это не оказывает негативного эффекта на работу дизеля, чего нельзя сказать о режиме работы на газожидкостном топливе.

В случае подачи газожидкостного топлива на номинальной нагрузке дизеля, запальная форсунка отработывает за  $5^\circ$  до ВМТ, что заметно по индикаторной диаграмме (см. рис. 4). При этом отрывы кривой давления от политропы сжатия на графиках 3–4 происходят при разных углах ПКВ и соответствуют разным показаниям давления в цилиндре. Если исходить из понятия чистого давления сжатия, то  $P_c$  в цилиндре одного и того же двигателя не должны отличаться при прочих равных. Изменение давления сжатия в цилиндре можно объяснить не только зависимостью формулы (1), но и влиянием таких величин, как степень сжатия ( $\epsilon$ ), давление наддувочного воздуха с учётом возможной потери наполнения ( $P'_k$ ) и коэффициент политропы сжатия ( $n_1$ ), формула (2).

$$P_c = P'_k \cdot \epsilon^{n_1}. \quad (2)$$

При условии, что рассматривается один двигатель, то геометрия, характеризующая объём цилиндра, неизменна по определению. Также нужно помнить про действительную и геометрическую степени сжатия, что характерно только для двухтактных двигателей. Согласно данным из таблицы угол закрытия выпускного клапана не изменился с переходом на другое топливо, следовательно, параметр  $\epsilon$  не изменится. Параметр  $P'_k$  изменился незначительно (0,04 бара). Единственный параметр, который мог повлиять на давление сжатия при смене источника энергии, – это  $n_1$ . Такую картину мы можем наблюдать на индикаторной диаграмме (см. рис. 4) в области  $80^\circ$  ПКВ до ВМТ. Как раз после начала подачи природного газа (см. таблицу) в объём цилиндра и по истечении приблизительно  $58^\circ$  ПКВ происходит малое смещение политропы сжатия, что естественно оказывает влияние на изменение  $P_c$ . Таким образом, мы получаем небольшое снижение параметра  $P_c$  в цикле при участии природного газа. В этом случае, аппроксимируя линию политропы сжатия, получим давление сжатия порядка 85 бар, при этом параметр давления чистого сжатия останется неизменным в сравнении с предыдущим циклом работы дизеля. Воспользовавшись формулой (1), получим параметр  $\lambda=2,02$ , что неоспоримо свидетельствует о значительном превышении для МОД.

Следующий параметр характеризует «жесткость» работы дизеля – это скорость нарастания давления при сгорании ( $\Delta P/\Delta \varphi$ ), средняя и максимальная в моменте, формулы (3), (4).

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \varphi}\right)_{\text{ср}} = \frac{P_z - P'_c}{\varphi_z - \varphi'_c}. \quad (3)$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \varphi}\right)_{\text{макс}} = \left(\frac{dP}{d\varphi}\right)_{\text{макс}} = \text{tg}(\alpha), \quad (4)$$

где  $P'_c$  – давление в цилиндре в начале воспламенения;  $\varphi$  – углы поворота КШМ для соответствующих давлений;  $\alpha$  – максимальный угол между касательной к линии горения и осью абсцисс с использованием индикаторных диаграмм.

Анализируя диаграмму (см. рис. 3) и используя формулы (3), (4), получаем следующие результаты: средняя скорость нарастания давления лежит в пределах 1,2–1,4 бар/ $\varphi$ , максимальная скорость нарастания давления находится в этих же пределах. Подобный результат удалось получить, так как политропа «чистого» сжатия доходит до положения ВМТ, а видимый процесс

горения – сразу же после ВМТ. Это подтверждают указанные параметры (топливоподача) из сводной таблицы. В данном цикле полученная скорость нарастания давления очень мала.

Анализируя диаграмму (см. рис. 4) и все уже известные нам данные по циклу с использованием газожидкостного топлива, получаем на данном режиме очень высокие параметры скорости нарастания давления. При условии воспламенения газозоудшной среды в цилиндре благодаря запальной форсунке (принудительное воспламенение) и 100 % цикловой подачи топлива к этому моменту, получаем эффект скачкообразного нарастания давления, близкий к циклу Отто. При этих обстоятельствах средняя скорость нарастания давления приблизительно равна 8,2 бар/φ. Максимальная скорость нарастания давления находится ещё в больших пределах 9,6–10 бар/φ. Эти параметры свидетельствуют об очень жёсткой работе двигателя и абсолютно не соответствуют нормам МОД.

В заключение требуется отметить, что, преследуя цели лишь в борьбе за сохранение экологии, приходится идти на определённые жертвы: подбирать менее токсичное топливо и адаптировать новый источник энергии к уже известным и вполне эффективно реализованным циклам, получая таким образом вышеописанные последствия. Подобные типы двигателей не рекомендуется эксплуатировать на режиме, близком к номинальной нагрузке, при использовании этих топлив. В случае работы ДВС, приближенном к циклу Дизеля, имеем очень высокие тепловые потери с уходящими газами и в охлаждение, а следовательно, снижение КПД, но также это сказывается на температурной напряжённости органов газораспределения и деталях ЦПГ. В ином случае работа ДВС приближена к циклу Отто – тепловые потери ощутимо ниже, но возникают значительные механические напряжения в деталях, что критично для обеспечения таких параметров, как надёжность и долговечность.

#### Список источников

1. Гуреев А. А., Азев В. С., Камфер Г. М. Топливо для дизелей. Свойства и применение. М. : Химия, 1993. 336 с.
2. Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2007. 480 с.
3. Букреев Г. А., Нижник М. Е. Применение различных газов в качестве топлива для ДВС: обзор. информ. М. : ЦНИИТЭИтяжмаш, 1991. Вып. 4. 36 с.
4. Марков В. А., Козлов С. И. Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 296 с.
5. Марков В. А., Кислов В. Г., Хватов В. А. Характеристики топливоподачи транспортных дизелей. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 160 с.
6. Сомов В. А., Ищук Ю. Г. Судовые многотопливные двигатели. Л. : Судостроение, 1984. 240 с.

#### Информация об авторе

Д. К. Глазюк – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Судовые энергетические установки», доцент.

#### Information about the author

D. K. Glazyk – PhD in Engineering Sciences, Head of the Department of Ship Power Plants, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 01.06.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 14.06.2024.

The article was submitted 01.06.2024; approved after reviewing 13.06.2024; accepted for publication 14.06.2024.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ  
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 629.12-8+629.12.012.9

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-16

EDN: ZAGFGF

**Низкий уровень подготовки экипажа – предпосылка отказа судового оборудования**

**Борис Иванович Руднев**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток,  
Россия, povalichina@mail.ru

**Аннотация.** Развитие деятельности торгового мореплавания, осуществляемого в существующих условиях судами под российским флагом, предъявляет новые требования к качеству эксплуатации их судовых технических средств. В настоящей работе на примере конкретного аварийного случая рассмотрены недостатки в некоторых аспектах подготовки и трудовой дисциплины экипажей морских судов, которые привели к аварии в данном конкретном случае. Предложены отдельные организационно-правовые меры для повышения безаварийной эксплуатации судовых энергетических установок.

**Ключевые слова:** торговое мореплавание, эргатический элемент, судовые технические средства, компетентность

**Для цитирования:** Руднев Б. И. Низкий уровень подготовки экипажа – предпосылка отказа судового оборудования // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 140–144.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS  
(MAIN AND AUXILIARY)

Original article

**Low level of crew training is a prerequisite for ship equipment failure**

**Boris I. Rudnev**

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, povalichina@mail.ru

**Abstract.** The development of merchant shipping activities, carried out under existing conditions by ships flying the Russian flag, places new demands on the quality of operation of their ship technical equipment. In this work, using the example of a specific emergency case, we examine shortcomings in some aspects of the training and labor discipline of the crews of sea vessels, which led to the accident in this particular case. Separate organizational and legal measures are proposed to increase the accident-free ship power plants usage.

**Keywords:** merchant shipping, human factor, ergatic element, ship technical equipment, competence

**For citation:** Rudnev B. I. Low level of crew training is a prerequisite for ship equipment failure. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):140–144. (in Russ.).

## Введение

Кодекс торгового мореплавания устанавливает «следующие виды деятельности морских судов:

- перевозка грузов, пассажиров и их багажа, включая операции по погрузке, выгрузке грузов и багажа, посадке, высадке пассажиров, а также хранения грузов;
- морской промысел;
- разведка и разработка минеральных ресурсов (газ, нефть, минералы) морского дна и его недр;
- лоцманская и ледокольная проводки;
- спасательные и поисковые работы;
- гидротехнические работы» [6];
- морские исследования;
- учебные, спортивные и культурные мероприятия.

Осуществление вышеуказанной деятельности невозможно без надежного функционирования морских судов и их энергетических установок. Между тем в XXI столетии, несмотря на динамичное развитие судового оборудования, уровень аварий и инцидентов на море остается недопустимо высоким. Так, за период 2000–2010 гг. количество аварийных случаев (АС) с участием судов под российским флагом увеличилось в 4 раза, при этом 75 % из них связаны с «человеческим фактором» (ЧФ), 10 % вызываются действием непреодолимой силы и 15 % происходят по причине технического несовершенства оборудования [11]. За период 2011–2019 гг. уровень аварийности существенно не изменился, причастность ЧФ к авариям оставалась высокой [13], а на судах Дальнего Востока составляла 79–100 % [4]. Существует достаточное количество работ, исследующих причины отказов судовых энергетических установок [2, 3, 4, 5, 9] под влиянием «человеческого фактора». Судовой механик рассматривается как неотъемлемый эргатический элемент системы «человек–машина» [1, 7, 13]. Авторы указанных работ солидарны в выводах, что наиболее распространенными причинами технических АС являются нарушения эргатическим элементом правил и инструкций по эксплуатации СТС.

В качестве одного из таких характерных примеров можно привести аварийный случай, произошедший в январе 2023 г. на морском судне «EASTERN DREAM».

### Инцидент на море с танкером «Eastern Dream»

Нефтетанкер-химовоз «EASTERN DREAM», построенный в 1994 г. в Японии, под так называемым «удобным» флагом государства Сьерра Леоне находился на якорной стоянке в морском порту Находка. Погодные условия: ветер северо-западный 10–12 м/с, волнение 1 м, температура воздуха -23 °С.

В 01:50 по судовому времени судно начало дрейфовать на якоре, и вахтенному второму механику поступила команда запустить главный двигатель (ГД) для перехода на другую точку якорной стоянки. Одновременно производилась выборка якорной цепи. Мощности одного работающего дизель-генератора (ДГ) оказалось недостаточно для обеспечения работы якорного устройства и насосов, обеспечивающих пуск ГД, вследствие чего сработала защита по перегрузке, и танкер обесточился. При этом ДГ остановился. Все попытки запустить любой из двух штатных ДГ завершились полным расходом пускового воздуха, и в 02:10 экипаж запросил помощи буксиров.

Дальнейшая хронология событий выглядит следующим образом:

02:45 – подошел и удерживает судно первый буксир.

08:20 – подошел второй, более мощный буксир.

11:15 – подошло спасательное судно для оказания помощи по восстановлению электропитания танкера.

12:00 – подано электропитание со спасательного судна на потребителей танкера.

14:10 – установлена причина невозможности запуска ДГ.

15:10 – произведены запуски судовых ДГ, танкер перешел на собственное электропитание.

Комиссией Ространснадзора, расследующей данный инцидент, было установлено, что низкий уровень топлива в расходной цистерне привел к срыву топливоподачи на ДГ и попаданию воздуха в топливную аппаратуру дизелей. Во избежание подобных случаев в будущем сделан вывод о необходимости поддерживать должный уровень топлива в расходной цистерне, учитывая неблагоприятные гидрометеорологические условия, вести контроль за количеством пускового воздуха в пусковых баллонах. Поддержать необходимый резерв мощности судовой энергетической установки, учитывая окружающую обстановку и внешние факторы.

Официальной причиной аварийного случая было названо лишение возможности движения судна менее 24 ч из-за обесточивания вследствие завоздушивания топливной аппаратуры ДГ в условиях значительной качки по причине низкого уровня топлива в расходной топливной цистерне. В этом инциденте вина персонала машинной команды очевидна.

Российскому оператору иностранного судна было рекомендовано: проанализировать обстоятельства и причины АС с судовым персоналом; провести анализ эффективности существующей планово-предупредительной системы технического обслуживания технических средств судов компании.

### **Выводы**

Представляется, что приведенный АС, квалифицированный как «инцидент», наглядно показывает, что слабая исполнительная дисциплина в сочетании с низким качеством профессиональной подготовки приводит к отказу оборудования и сопутствующим материальным затратам. Отсутствие надлежащего контроля за работающими механизмами и системами привело к обесточиванию танкера. Неумение самостоятельно установить причину отказа в данном случае характеризует отсутствие достаточных диагностических умений и навыков судовых механиков.

Примечательно, что выводы комиссии по расследованию носят формальный характер, а рекомендации не содержат указаний судовладельцу предпринять конкретные корректирующие действия.

### **Обсуждение**

Контроль и надзор за судоходством входят в перечень основных задач обеспечения безопасности торгового мореплавания [11]. Согласно п. 3 Правил расследования аварий и инцидентов на море (ПРАИМ) «...целью проведения расследования аварийных случаев является установление причинной связи аварийных случаев с действиями вахтенных механиков, а также, что немаловажно, выработка рекомендаций по их предотвращению в будущем, **включая повышение уровня подготовки персонала судна**» [10]. Если заключение не указывает на конкретные слабые стороны подготовки лиц, причастных к АС, то оно не служит достижению целей ПРАИМ.

Низкую компетентность экипажа танкера характеризует вышеприведенная хронология развития АС, из которой следует, что без посторонней помощи – экипажа спасательного судна – судовые механики не смогли самостоятельно выявить неисправность. В заключительном акте должен был отражен перечень нормативных требований, которым не соответствовал экипаж, что не было выполнено.

В описываемом АС есть один существенный нюанс: экипаж судна под иностранным флагом полностью состоял из граждан РФ, из чего следует, что должны соблюдаться проверенные практикой «Правила технической эксплуатации судовых технических средств». Ко всем владельцам «морских» дипломов применимы требования стандартов Кодекса ПДНВ. Так, п. 3 части АVIII/2 «Организация и принципы несения вахты» устанавливает, что «члены вахтенного персонала должны понимать функции и работу установок/оборудования и владеть

навыками их управления», а также «понимать информацию и знать способы адекватного реагирования на информацию, поступающую на приборы от каждого поста/установки/ оборудования» [8]. Старший механик в соответствии с п. 11 ч. 4 Кодекса ПДНВ обязан организовать надлежащее несение вахты, обеспечивающее безопасную работу машинного отделения.

При этом уровень подготовки команды машинной вахты должен обеспечить согласно п. 55 ч. 4 «... надлежащее постоянное наблюдение за работой всех механизмов, влияющих на безопасную эксплуатацию судна. Экипаж судна должен знать любые особые режимы работы, зависящие от таких условий, как состояние погоды, ледовая обстановка, загрязненные воды, мелководье» [8].

Заступающие на вахту механики должны проверить наличие и уровень топлива в расходных цистернах, резервных и отстойных танках и других ёмкостях для хранения топлива [8]. Важным аспектом является проверка режима эксплуатации и технического состояния главных и вспомогательных систем.

При подготовке судовой энергетической установки перед съёмкой судна с якоря согласно п. 68 Кодекса вахтенный механик должен «обеспечить немедленную готовность всех механизмов, которые могут использоваться при выполнении маневров. Особо обращается внимание на то, что должен быть достаточный резерв электроэнергии для питания рулевого привода и других потребителей» [8]. Если его мало, нужно запустить дополнительные источники.

Таблица минимальных стандартов компетентности АП/2 для дипломированных старших механиков и вторых механиков судов с главной двигательной установкой мощностью 3 000 кВт или более предусматривает наличие у владельца диплома знаний, умений и профессиональных навыков по обнаружению нештатной работы механизмов и устранению неисправностей.

### **Заключение**

Как следует из акта расследования АС, техническая служба танкера не смогла продемонстрировать требуемые знания, умения и навыки.

То есть можно заключить, что судовой экипаж не был готов к правильным действиям при появлении на судне нештатной ситуации.

По мнению автора настоящей работы, указанный факт следовало отразить в выводах расследования и порекомендовать причастным к инциденту механикам пройти внеочередную проверку знаний, как это предусмотрено ст. 54 КТМ [7]. Кроме того, представляется необходимым провести обучение механиков на специализированных тренажерах, имитирующих возникновение аварийной ситуации.

Представитель судовладельца в РФ не предоставил документы системы управления безопасностью (СУБ) компании, из чего напрашивается вывод, что таковая отсутствует или не функционирует. Данное обстоятельство, которое могло являться предпосылкой для внеплановой проверки СУБ компании, также осталось неотмеченным в акте расследования.

Весьма важным аспектом является разработка рекомендаций, позволяющих механику существенно упростить принятие решений о действиях, направленных на недопущение или исправление аварийной ситуации. Здесь важную роль может сыграть искусственный интеллект.

Хорошая морская практика показывает, что поломка механизма в большинстве случаев происходит из-за нарушения правил и инструкций, а каждое нарушение вызвано «человеческим фактором». Отсюда можно заключить, что для повышения качества «человеческого фактора» необходимо избегать формальных расследований и рекомендаций общего характера.

### **Список источников**

1. Глазюк Д. К., Соболенко А. Н. Оценка надёжности судовой энергетической установки как сложной эргатехнической системы // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1, № 3(33). С. 204–208.

2. Гомзяков М. В. Анализ отказов технических средств на морских судах в ДВ регионе в 2014 году // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2020. № 60/61. С. 108–113.

3. Гомзяков М. В., Соболенко А. Н. Анализ причин некоторых аварийных случаев судовых энергетических установок в Дальневосточном регионе в 2020 году // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 3, № 4 (54). С. 72–78. DOI: 10.37220/МІТ.2021.54.4.091.

4. Гомзяков М. В. Антология поломок и отказов судовых технических средств на Дальнем Востоке : монография. Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2020. 163 с.

5. Гомзяков М. В., Друзь И. Б. Определение весовых коэффициентов по факторам влияния эргатического элемента судна на морскую аварийность в Дальневосточном регионе // Морские интеллектуальные технологии. 2020. Т. 2, № 1. С. 136–144.

6. Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации / Кодекс РФ от 30 апреля 1999 г. № 81-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации от 03.05.1999 № 18 ст. 2207.

7. Медведев В. В. Применение имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок. СПб. : Общество с ограниченной ответственностью «Страта», 2013. 352 с. ISBN 978-5-906150-04-2.

8. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. Опубликовано Международной Морской Организацией, 3-е сводное издание 2011 года. Отпечатано в Соединенном Королевстве издательством «CPI Books Limited», Reading RG1 8EX. 425 с.

9. Гомзяков М. В., Соболенко А. Н., Огай С. Н. Анализ причин отказа судового дизеля ZGODA-SUL-ZER 6ZA 40S в эксплуатации // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2022. № 3(56). С. 71–78.

10. Положение о порядке расследования аварий или инцидентов на море (ПРАИМ-2013) : Приказ Министра транспорта Российской Федерации от 08 октября 2013 года № 308 (зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014 рег. № 31355) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70597932/53f89421bbdaf741eb2d1>.

11. Скороходов Д. А., Борисова Л. Ф., Борисов З. Д. Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13, № 4/1. С. 719–729.

12. Соболенко А. Н., Турищев И. П., Гомзяков М. В., Москаленко О. В. Анализ технических отказов на промысловых судах в Дальневосточном регионе // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия : Морская техника и технология. 2019. № 3 (август). С. 48–55.

13. Соболенко А. Н., Гомзяков М. В. Надежность эргатического элемента в составе судовой энергетической установки // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 3, № 4. С. 66–71. DOI: doi.org/10.37220/МІТ.2021.54.4.090.

### **Информация об авторе**

Б. И. Руднев – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры холодильной техники, кондиционирования и теплотехники, заслуженный работник рыбного хозяйства России, W-3274-2017, SPIN-код: 2797-1790, AuthorID: 423385.

### **Information about the author**

B. I. Rudnev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Refrigeration, Air Conditioning and Heat Engineering, Honored Worker of Fisheries of Russia, W-3274-2017, SPIN-code: 2797-1790, AuthorID: 423385.

Статья поступила в редакцию 10.06.2024; одобрена после рецензирования 14.06.2024; принята к публикации 20.06.2024.

The article was submitted 10.06.2024; approved after reviewing 14.06.2024; accepted for publication 20.06.2024.



## 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)

4.2.6 – Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

4.3.3 – Пищевые системы

4.3.5 – Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ

В журнале публикуются научные статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», а также ученых и преподавателей других образовательных и научных организаций Российской Федерации и зарубежных стран.

В одном номере журнала может быть опубликовано не более двух статей одного автора, в том числе в соавторстве.

Статьи в научном журнале «Научные труды Дальрыбвтуза» публикуются бесплатно.

Предлагаемая к публикации статья должна соответствовать научной тематике журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

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<sup>1)</sup>. 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:** Original 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. Информация об авторе (авторах) / Information about the author (authors)** – дополнительные сведения об авторе приводят с предшествующими словами **Информация 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 флэш-носителе 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<sup>1</sup>, Иван Иванович Петров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> ivanov.aa@dgtru.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

<sup>2</sup> petrovII@mail.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

**Аннотация.** Приводится информация о времени проникновения чужеродных видов рыб в залив Петра Великого, их поломом 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<sup>1</sup>, Ivan I. Petrov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>2</sup> Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> ivanov.aa@dgtru.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

<sup>2</sup> 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-cod: 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-cod: 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., 2023

*Научное электронное издание*

## **НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА**

*Научный журнал*

№ 2 2024

Том 68

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](mailto:nauch-tr@dgtru.ru)

Главный редактор – Ю.С. Ключков, 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.dalrybvtuz.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 О.В. Нечипорук

Дата выхода в свет 21.06.2024.  
Формат 60x84/8.

Оригинал-макет подготовлен  
Центром публикационной деятельности  
«Издательство Дальрыбвтуза»  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б