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

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ОХРАНА, ПРОМЫСЛОВОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Материалы XVII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции (17–18 марта 2026 г.)

Электронное издание

Издательство
КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский
2026

УДК 504
ББК 20.1

Ответственный за выпуск

Е.Г. Лобков,
доктор биологических наук

Редакционная коллегия

Т.А. Клочкова, д.б.н.; Н.А. Седова, д.б.н.; С.Н. Царенко, д.ф.-м.н.;
В.Г. Авдощенко, к.б.н.; М.В. Ефимова, к.б.н.; А.В. Климова, к.б.н.; В.Б. Чмыхалова, к.б.н.;
Е.А. Малова, Д.П. Ястребов,
О.В. Ольхина, М.П. Гузь

Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы XVII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции (17–18 марта 2026 г.) [Электронный ресурс] / отв. за вып. Е.Г. Лобков. – Электрон. дан. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2026. – 1 электрон. опт. диск. – Загл. с экрана.

В сборнике рассматриваются вопросы природопользования, состояния запасов природных ресурсов и их преобразования в продукты потребления и жизнеобеспечения человека. Авторами представленных докладов являются ведущие сотрудники научно-исследовательских институтов, преподаватели, аспиранты высших учебных заведений и сотрудники организаций, осуществляющих деятельность в области рационального природопользования.

Сборник материалов опубликован в авторской редакции.

ISBN 978-5-328-00443-5

Текстовое (символьное) электронное издание

Минимальные системные требования:
Тип компьютера, процессор, частота: ПК, двухъядерный Intel Pentium 4 и выше, 1500 MHz
Оперативная память (RAM): 2 Gb и выше
Необходимо на винчестере: от 80 Gb
Операционные системы: Microsoft Windows XP/7/8/10/11 (32 или 64 bit) Linux с GUI
Видеосистема: видеокарта 8 Mb памяти или лучше
Акустическая система: звуковая карта (любая)
Дополнительное оборудование: привод CD-R дисков
Дополнительные программные средства: ПО для просмотра файлов PDF
Количество носителей: 1

© КамчатГТУ, 2026
© Авторы, 2026

Техническая обработка
и подготовка материалов – Е.Е. Бабух

Дата подписания к использованию 27.10.2026 г.
Объем издания – 9,52 Mb
Количество носителей – 1
Тираж – 100 шт.

Записано на материальный носитель:
ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»
Издательство КамчатГТУ
683003, г. Петропавловск-Камчатский,
ул. Ключевская, 35
Тел. (4152)300-953
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

Гундарева А.Н., Еремеева С.В.
Некоторые особенности паразитофауны рыб Волго-Каспийского региона....8
Иванина Н.А., Ялковский С.В.
Озеро Иртяш: итоги и перспективы рыбохозяйственной деятельности....11
Коростелев С.Г., Корнев С.И.
Наблюдения за распределением, численностью, поведением сивучей и других видов морских млекопитающих в районах тралового промысла минтая в западной части Берингова моря в 2025 году....15
Лобков Е.Г.
На пути к эстуарной орнитологии. Речные эстуарии, мелководные заливы, бухты и лиманы как экологический каркас восточноазиатско-австралазийского миграционного пути птиц на Камчатке....20
Лугаськов А.В., Черногубов А.В.
Изменчивость морфооблика рипуса в процессе акклиматизации на Урале....26
Лукерин А.Ю., Яковлева Е.С., Щербаков В.И.
Анализ промысловой нагрузки на ихтиофауну различных участков реки Оби в границах Алтайского края....31
Лукерина Г.В., Ронжина Т.О., Сурков Д.А., Щербаков В.И.
Состояние промышленного рыболовства беспозвоночных в Алтайском крае....36
Манаков Д.В.
Малакофауна реки Лавы у города Правдинска Калининградской области (Россия)....40
Манаков Д.В.
Макрозообентос литорали Вислинского залива в Калининградской области (Россия) в июле 2025 года....46
Минеев А.Г., Сумин Г.В., Черногубов А.В.
Ихтиофауна озера Тыгиш (Свердловская область, Россия)....51
Муравьева Т.В., Торцев А.М., Мельник Р.А., Власов Д.О.
Биологическая характеристика судака обыкновенного (*Sander lucioperca*) реки Северной Двины....54
Овчарук А.С., Судник С.А.
Размеры, половой состав, морфологические особенности краба *Rhithropanopeus harrisii* (Brachyura: Panopeidae) из Таманского залива в 2020 и 2025 годах....58
Перевизник С.А., Судник С.А.
Половой состав северной креветки, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838 (Crustacea: Decapoda: Pandalidae) из морей Лаптевых и Карского в 2018, 2020–2023 годах....63
Пимеенко Е.С., Северин С.О., Антипова В.Б.
Обзор рыбного населения малых озер Псковской области....68
Ронжина Т.О., Сурков Д.А., Щербаков В.И.
Состояние запасов гаммарид в солоноватых водоемах Алтайского края....73
Сахарова А.А., Матвеев А.А.
Желтоперая камбала *Limanda aspera* (Pallas, 1814): распределение и размерный состав у Западной Камчатки....78
Северин С.О., Пимеенко Е.С., Михалап С.Г.
Динамика численности ряпушки *Coregonus albula* (L.) Чудско-Псковского озера в XXI веке....82
Седова Н.А., Федорова А.А., Дышлевая А.А.
Суточный рацион литорального бокоплава *Locustogammarus locustoides* при содержании в натуральной и искусственной морской воде....88

Терещенко Д.Б., Русяев С.М.
Способы добычи, методы исследования численности
и особенности управления запасами закапывающихся моллюсков 92
Токранов А.М.
Видовой состав демерсальных рыб в бухтах Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка)
в мае – сентябре 2021–2025 годов 97

Секция 2. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Горбачева Е.А., Новиков М.А.
Хлорорганические соединения в экосистеме Баренцева моря в 2022 году 102
Зарипова К.М., Тихонова Е.А.
Нефтяные углеводороды в донных отложениях бухт Авачинского залива
в условиях различной степени урбанизации побережья 108
Кулаченкова Е.Д., Климова А.В.
Оценка атмосферного загрязнения урбанизированных территорий Камчатского края
с помощью эпифитных мхов 112
Мартыненко Д.О., Климова А.В.
Обзор исследований влияния вулканизма на окружающую среду
за период 2015–2025 годов (на примере Камчатки и Курильских островов) 118
Опрышко Б.А., Белавина О.А., Швецов В.А., Ястребов Д.П.
О влиянии землетрясений на результаты контроля уровня подземных вод
отдельных месторождений подземных вод Камчатского края 122
Ткачева Е.А., Мартыненко Д.О., Климова А.В.
Совместное воздействие тяжелых металлов и нефтепродуктов
на рост ранних стадий развития бурой водоросли *Fucus distichus* 126

Секция 3. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Благонравова М.В., Чугункова С.М.,
Завалишин А.А., Стрелец К.Е.
Перспективы производства снеков из лососевых рыб
с высокой нутритивной плотностью 131
Бойцова Т.М., Гоменюк С.О.
Сверхкритическая CO_2-экстракция липидов из печени
и биологических придатков кальмара при комплексной переработке сырья 135
Ефимов А.А., Колесников Д.В., Румянцев А.Е.
Применение обработки лососевой икры кальцийсодержащим раствором
как фактор стабилизации потребительского качества продукта 139
Ефимов А.А., Фурсов Р.С.
Обоснование технологии рыборастительной сушеной продукции
с пониженным содержанием соли 144
Ефимов А.А., Ясинская Р.К.
Обоснование технологии продукции из икры минтая и камбалы
с добавлением фитокомпонентов 149
Ефимова М.В., Журавлёв В.А.
Разработка технологии рыбной продукции повышенной пищевой ценности
с растительными добавками 154
Ефимова М.В., Иванов С.Н.
Обоснование применения фитокомпонентов, содержащих фитонциды
и эфирные масла, в технологии пресервов из лососевых 159
Ефимова М.В., Троян П.К.
Формованные полуфабрикаты из горбуши
с наполнителями из камчатских дикоросов 164

Иодис В.А., Волосян С.И.
Замораживание стейка из нерки при различных параметрах процесса 169
Лутова А.П.
Обоснование технологии пастеризованного продукта типа «Суп Миёккук» с бурой водорослью *Fucus distichus*....174
Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В.
Оценка качества жира ферментативной экстракции из рыбных голов и перспектив его применения в биотехнологии....178
Чмыхалова В.Б.
Использование фитонцидсодержащих компонентов в технологии рыбных пресервов....183
Чмыхалова В.Б., Терехина В.С.
Использование барьерных покрытий в технологии сушеной продукции из головоногих моллюсков....188
Чмыхалова В.Б., Чугункова С.М.
Технология продукции поликомпонентного состава из гидробионтов с добавлением сои 193
Шаповалова Л.А.
Стандартизация на национальном уровне мороженой и варено-мороженой пищевой рыбной продукции 197

Секция 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Ворокосова С.А.
Разработка автоматизированной системы теплового котла судна 203
Дрягин А.К., Бирюков И.Ю., Малова Е.А.
Веб-приложение «Интерактивная карта ихтиофауны рек и озер Камчатского края»....206
Костенко А.В., Игнаткина Е.Л., Костенко Ю.А.
Перспективы использования нейросетевых технологий в АСУТП рыбоперерабатывающего предприятия 211
Лихачева А.С.
Автоматизация котлоагрегата № 11 типа БКЗ-120-100 ГМ Камчатской ТЭЦ-1....218
Ракитянский Е.А.
Модернизация автоматической системы управления судовым вспомогательным паровым котлом....222
Рогожников А.О.
Управление отоплением по данным датчиков температуры помещений рыбоперерабатывающих комплексов с выводом на HMI и интеграцией в систему «Умный дом» 227

Секция 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Гараев Р.А.
Виды процедур освидетельствования валопровода и требования к их проведению....232
Зайцев Д.И., Гараев Р.А.
Методы торсиографирования валовой линии морского судна 237
Ким К.В., Степанова Е.А., Иодис В.А., Горяка Е.Н.
Модернизация холодильной установки холодильника ООО «КМП ХОЛОД ЛТД»....241
Кошельник Р.А., Иодис В.А., Степанова Е.А., Горяка Е.Н.
Анализ использования воздушных и плиточных скороморозильных аппаратов на судне типа МРКТ «Ерофей»....247
Протираев А.Е., Гараев Р.А.
Современные методы тензометрирования валопроводов судовых энергетических установок 252

Разеев Н.А.
Вывод формулы удельной эксергии потока идеального газа
при температуре окружающей среды 257
Разеев Н.А.
Методы расчета вихревых труб: обзор и сравнительный анализ 261
Рак А.Н.
Основные подходы к снижению выбросов оксида азота с морских судов 266
Рогожников А.О., Горбачев М.М., Ястребов Д.П.
Современные технологии коррозионной защиты
и мониторинга эффективности ее работы 271
Селютин Р.Р.
Применение аддитивных технологий для оперативного ремонта оборудования
в условиях автономного плавания судов рыбопромыслового флота 277
Степанова Е.А., Митюков В.А., Иодис В.А., Горяка Е.Н.
Распределительный холодильник емкостью 350 тонн для города Елизово 281
Фатеева А.С., Гараев Р.А.
К вопросу об эксплуатации силиконового демпфера крутильных колебаний
судовых энергетических установок 286
Царенко С.Н., Вакуленко М.Е., Макаренко К.А., Белослудцев А.С.
Исследование диссипативных сил при упругих колебаниях стрелы башенного крана 290

Список организаций – участников конференции и их адреса 297

Секция 1. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

УДК 591.69-567(262.81+282.247.41)

А.Н. Гундарева, С.В. Еремеева

Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, 414056
e-mail: gundareva_an@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРАЗИТОФАУНЫ РЫБ ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Мониторинговые исследования паразитофауны рыб естественных водоемов Прикаспийского региона помогают идентифицировать наиболее опасные патогенные виды паразитов. В работе проведено определение инвазированности шести видов рыб (карась, лещ, красноперка, линь, окунь, щука), которые относятся к часто встречающимся в водоемах Астраханской области и являются объектом промышленного рыболовства и любительского лова. Определена разная степень локализации и зараженности *Paracoenogonimus ovatus*, *Diplostomum sp.*, *Tylodelphys clavata*, *Rhipidocotyle campanula*, *Dactylogyrus sp.*, *Eustrongilides excises*, *Raphidascaris sp.* Внутри выявленных систематических групп паразитов доминирующее положение занимали метацеркарии трематод. Наиболее высокий уровень зараженности, характеризующийся высокой экстенсивностью инвазии, наблюдался у метацеркарий трематод вида *Paracoenogonimus ovatus*, которые были обнаружены в мускулатуре и стекловидном теле глаз.

Ключевые слова: паразитофауна, *Paracoenogonimus*, *Diplostomum*, *Tylodelphys*, *Rhipidocotyle*, *Dactylogyrus*, *Eustrongilides*, *Raphidascaris*.

A.N. Gundareva, S.V. Eremeeva

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, 414056
e-mail: gundareva_an@mail.ru

SOME FEATURES OF THE FISH PARASITOFAUNA OF THE VOLGA-CASPIAN REGION

Monitoring studies of the fish parasitofauna in natural water bodies of the Caspian region help to identify the most dangerous pathogenic parasite species. This study determined the infestation of six fish species (crucian carp, bream, rudd, tench, perch, pike), which are commonly found in the water bodies of the Astrakhan region and are objects of commercial and recreational fishing. Different degrees of localization and infection by *Paracoenogonimus ovatus, Diplostomum sp., Tylodelphys clavata, Rhipidocotyle campanula, Dactylogyrus sp., Eustrongilides excises, and Raphidascaris sp.* were determined. Within the identified systematic groups of parasites, trematode metacercariae occupied a dominant position. The highest level of infection, characterized by high invasion extensiveness, was observed in trematode metacercariae of the species *Paracoenogonimus ovatus*, which were found in the musculature and vitreous humor of the eyes.

Key words: parasitofauna, *Paracoenogonimus*, *Diplostomum*, *Tylodelphys*, *Rhipidocotyle*, *Dactylogyrus*, *Eustrongilides*, *Raphidascaris*.

Астраханская область – это не только регион с активно развивающимися рыбоводными и рыбоперерабатывающими предприятиями, но и место притяжения рыболовов-любителей. Все это создает риск распространения паразитарных инфекций через рыбу и рыбопродукты. Регулярные мониторинговые лабораторные исследования паразитофауны рыб в естественных водо-

емах помогают идентифицировать наиболее опасные патогенные виды паразитов и обнаружить зоонозных гельминтов, представляющих эпидемиологическую опасность для человека. Различные изменяющиеся факторы окружающей среды способны дестабилизировать физиологические процессы у рыб, снизить их защитные силы и, как следствие, привести к возникновению и распространению инвазионных болезней.

В связи с вышеизложенным целью исследований явилось определение инвазированности промысловых видов рыб, обитающих в водах Астраханской области, различными видами гельминтов в 2024–2025 гг.

Паразитологические исследования проводили в соответствии с действующим нормативным документом МУК 3.2.3804-22 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработок» [1]. Работы по видовой идентификации паразитов осуществлялась с помощью «Определителя паразитов пресноводных рыб фауны СССР» [2]. Видовую принадлежность рыбы устанавливали по определителю пресноводных рыб [3].

В ходе работы было исследовано шесть видов рыб (карась, лещ, красноперка, линь, окунь, щука) и проведено 159 определений наличия паразитов. Данные виды рыб относятся к часто встречающимся в водоемах Астраханской области и являются объектом как промышленного рыболовства, так и любительского лова. В результате у изученных видов рыб обнаружено семь видов паразитов: *Paracoenogonimus ovatus*, *Diplostomum sp.*, *Tylodelphys clavata*, *Rhipidocotyle campanula* (класс *Trematoda)*, *Dactylogyrus sp.* (класс *Monogenea)*, *Eustrongilides excises*, *Raphidascaris sp.* (класс *Nematoda)*. При этом у них разная степень локализации и зараженности, которая представлена в таблице. Среди всех исследованных рыб наибольшее видовое разнообразие паразитов отмечено у окуня. Внутри выявленных систематических групп паразитов доминирующее положение занимали метацеркарии трематод. Наиболее высокий уровень зараженности, характеризующийся высокой экстенсивностью инвазии, наблюдался у метацеркарий трематод вида *Paracoenogonimus ovatus*. В основном метацеркарии *Paracoenogonimus ovatus* были обнаружены в мускулатуре, однако у некоторых особей линя данный паразит фиксировался в стекловидном теле глаз. Высокая экстенсивность инвазии *P. ovatus* отмечена у окуня (91,1%), карася (90%), линя (80%), *Diplostomum sp.* у карася (37,5%) и красноперки (32%). Самая низкая экстенсивность инвазии отмечена для *Rhipidocotyle campanula* (окунь – 4,4%).

Значения индекса обилия (ИО) и интенсивности инвазии (ИИ) варьировали в широких пределах. Так, максимальная интенсивность инвазии для *P. ovatus* отмечена у окуня (ИИ – 25 экз.) и линя (ИИ – 21 экз.), минимальная у щуки (ИИ – 3 экз.). Для *Diplostomum sp.* максимальной интенсивностью инвазии характеризовался карась и лещ (ИИ – 11 и 10 экз. соответственно), минимальной красноперка и окунь (ИИ 3 экз.). *E. excises* были отмечены только у двух видов рыб (окунь и щука). Окунь характеризовался максимальной ИИ – 22 экз., щука минимальной ИИ – 4 экз. Для таких паразитов, как *Tylodelphys clavata, Rhipidocotyle campanula, Dactylogyrus sp.* и *Raphidascaris sp.,* интенсивность инвазии в среднем составила 2 экз.

Высокий индекс обилия отмечен для *P. ovatus* у окуня и карася (ИО – 23 и 10,8 экз. соответственно) и для *E. excises* у окуня и щуки (ИО – 17,4 и 11 экз. соответственно). Низким индексом обилия по *P. ovatus* характеризовалась щука (ИО – 1,3 экз.). По *Diplostomum sp.* максимальный индекс обилия отмечен у карася – 4,2 экз., минимальный у окуня – 1 экз. Для таких паразитов, как *Tylodelphys clavata, Rhipidocotyle campanula, Dactylogyrus sp.* и *Raphidascaris sp.,* индекс обилия составил 0,4; 0,1; 0,2; 0,4 экз. соответственно.

Паразитофауна исследованных видов рыб

Виды рыб	Кол-во исследованных проб	Обнаруженные личинки паразитов	Место локализации паразита	Экстенсивность инвазии, %
Карась *(C. auratus gibelio (B.))*	32	*P. ovatus*	мускулатура	90
		Diplostomum sp.	глаза	37,5
Лещ *(A. brama (B.))*	28	*P. ovatus*	мускулатура	42,8
		Diplostomum sp.	глаза	17,8
Красноперка *(S. erythrophthalmus (L.))*	25	*P. ovatus*	мускулатура	68
		Diplostomum sp.	глаза	32
Линь *(Tinca tinca (L.))*	10	*P. ovatus*	мускулатура	80
			глаза	

Окончание табл.

Виды рыб	Кол-во исследованных проб	Обнаруженные личинки паразитов	Место локализации паразита	Экстенсивность инвазии, %
Окунь *(P. fluviatilis (L.))*	45	*P. ovatus*	мускулатура	91,1
		E. excises	полость тела мускулатура	77,7
		Diplostomum sp.	глаза	29,2
		Tylodelphys clavata		17,7
		Rhipidocotyle campanula	кишечник	4,4
Щука *(E. lucius (L.))*	19	*P. ovatus*	мускулатура	36
		E. excises	полость тела мускулатура	26,3
		Dactylogyrus sp.	жабры	10,5
		Raphidascaris sp.	кишечник	15,7

Наиболее часто фиксирующаяся ассоциация паразитов у исследованных рыб вызвана видами *Paracoenogonimus ovatus* и *Diplostomum sp.* Обнаружение вышеупомянутых паразитов в совокупности, возможно, является особенностью водного бассейна Астраханского региона.

Результаты паразитологического исследования позволили выявить широкое распространение *Paracoenogonimus ovatus* среди рыб, населяющих природные водоемы Астраханской области. Данный вид паразита имеет достаточно широкую экологическую адаптивность, что выражается в его фиксации у всех исследованных видов рыб. Постоянное обнаружение данного паразита у широкого спектра хозяев указывает на существование устойчивого природного очага параценогонимоза и сохранения всех звеньев механизма передачи возбудителя в водных экосистемах Астраханского региона.

Все выявленные в ходе исследования паразиты не являются эпидемиологически значимыми, однако их эпизоотологическая опасность не вызывает сомнений. Кроме того, наличие данных паразитов, с существенной долей вероятности, негативно сказывается на товарных качествах рыбы и общем объеме производства рыбной продукции. Высокая численность этих паразитов нарушает нормальное кровообращение у рыб, что приводит к снижению биохимических показателей мышечной ткани. В результате ухудшаются санитарно-гигиенические характеристики конечного продукта.

Исследования, посвященные изучению паразитофауны и распространению паразитов среди рыб, дают возможность оценить нынешнее положение дел и прогнозировать численность гельминтов в естественных условиях, что необходимо для дальнейшего прогнозирования степени воздействия этих организмов на природные популяции.

Литература

1. МУК 3.2.3804-22 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработок». – М.: Роспотребнадзор. – 2023. – 59 с.

2. *Авдеев В.В.* Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные. – Л.: Наука, 1987. – 583 с.

3. *Веселов Е.А.* Определитель пресноводных рыб фауны СССР. – М.: Просвещение. – 1977. – 238 с.

УДК 639.2(285.2)(470.55)

Н.А. Иванина, С.В. Ялковский

Уральский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (УралНИРО), Екатеринбург, 620014
e-mail: ivanina@ural.vniro.ru

ОЗЕРО ИРТЯШ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В работе обобщены данные о рыбоводной и рыбопромысловой деятельности на озере Иртяш Челябинской области за 1939–2024 гг. Проведен анализ многолетних данных по зарыблениям и промысловым уловам, выявлены изменения в составе ихтиофауны, намечены пути дальнейшего рационального использования озера.

Ключевые слова: ихтиофауна, аборигенные и акклиматизированные виды, промысел, зарыбление, озеро Иртяш.

N.A. Ivanina, S.V. Yalkovsky

Ural branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (UralNIRO), Yekaterinburg, 620014
e-mail: ivanina@ural.vniro.ru

LAKE IRTYASH: RESULTS AND PROSPECTS OF FISHERY ACTIVITIES

The paper contains data on fish farming and fishing activities on Lake Irtyash in the Chelyabinsk Region for the period 1939–2024. The analysis of long-term data on stocks and commercial catches has been carried out, changes in the composition of the ichthyofauna have been identified, ways of further rational use have been outlined.

Key words: ichthyofauna, native and acclimatized species, fishing, stocking, Lake Irtyash.

Озеро Иртяш относится к наиболее крупным озерам Челябинской области, имеет разнообразный состав ихтиофауны и давно осваивается промыслом [1]. На протяжении всего XX в. производились неоднократные попытки акклиматизации в озере ценных видов рыб.

С 1930-х годов на водоеме проводятся регулярные ихтиологические и гидробиологические исследования Уральским филиалом ВНИОРХ (ныне УралНИРО).

В данной работе предпринята попытка обобщить материалы многолетних работ по промысловому освоению рыбных ресурсов, оценить перспективы дальнейшего использования рыбохозяйственного потенциала озера.

Для анализа использованы архивные данные УралНИРО, данные официальных промысловых отчетов. Собранные цифры сведены в таблицы, отражающие уловы разных видов по годам. В промысловых отчетах используется термин «мелочь 2 и 3 группы», куда входят плотва и елец длиной 9–14 см, окунь – 8–14 см, весь ерш.

Озеро Иртяш – одно из звеньев Каслинско-Кыштымской системы озер. Водоем относится к бассейну р. Исеть, расположен в северно-западной части Челябинской области на линии стыка Горного Урала с Зауральским пенепленом.

Современная площадь озера около 60 км^2, средняя глубина – 8,7 м, максимальная – 18 м, абсолютная отметка уровня воды 227,0 м. Дно водоема покрыто илами, песками и галечно-каменистыми грядами. По характеру водообмена относится к проточным – в северной части каналом соединяется с оз. Большие Касли. Из озера вытекает р. Теча [2].

По данным многолетних исследований УралНИРО, оз. Иртяш по уровню развития зоопланктона является малокормным, отличаясь при этом богатой и разнообразной бентофауной.

Видовой состав аборигенных рыб обычен для большинства уральских водоемов плотвично-окуневого типа [3, 4].

Современная аборигенная ихтиофауна оз. Иртяш по составу мало изменилась с начала XX в. и представлена распространенными видами рыб: Плотва – *Rutilus rutilus* (Linneus, 1758), Окунь – *Perca fluviatilis* (Linneus, 1758), Серебряный карась – *Carassius auratus gibelio*, Золотой карась – *Carassius carassius* (Linneus, 1758), Ерш – *Gymnocephalus cernuus* (Linneus, 1758), Линь – *Tinca tinca* (Linneus, 1758), Елец – *Leuciscus leuciscus* (Linneus, 1758), Щука – *Esox lucius* (Linneus, 1758), Налим – *Lota lota* (Linneus, 1758), Язь – *Leuciscus idus* (Linneus, 1758).

Рыбоводные работы по акклиматизации и созданию маточного стада в разные периоды времени проводились в отношении следующих видов рыб: лещ, чудской сиг, ладожский сиг, ряпушка, рипус, пелядь, судак, обская нельма, гибрид рипус-сиг, омуль, карп [5]. Вселяли как производителей, так и личинку, сеголетка. Устойчивые популяции образовали лещ, судак, сиг.

Рыбоводные мероприятия в отношении указанных видов проводились периодически в течение всего XX в.

Данные промысловых уловов представлены на рис. 1.

В 30-40-е годы в ихтиофауне озера преобладают аборигенные виды. В 1942 г. рыбоводами отмечено, что сиг в уловах встречается редко, поскольку мигрирует по р. Теча [5].

Лещ в то время в промысловой статистике не отмечен, хотя первые зарыбления производились еще в конце XIX в.

Состав уловов, по данным 1940 г: плотва – 87%, окунь – 11,5%, щука – 1,4%, линь – 0,07%, карась – 0,02%, язь – 0,01%, сиг – 0,005%.

В последующие годы в процентном соотношении также преобладает плотва (80–90% уловов). В отдельные периоды в уловах преобладала «мелочь 2 и 3 группы» (плотва, елец, окунь длиной 8–14 см, весь ерш).

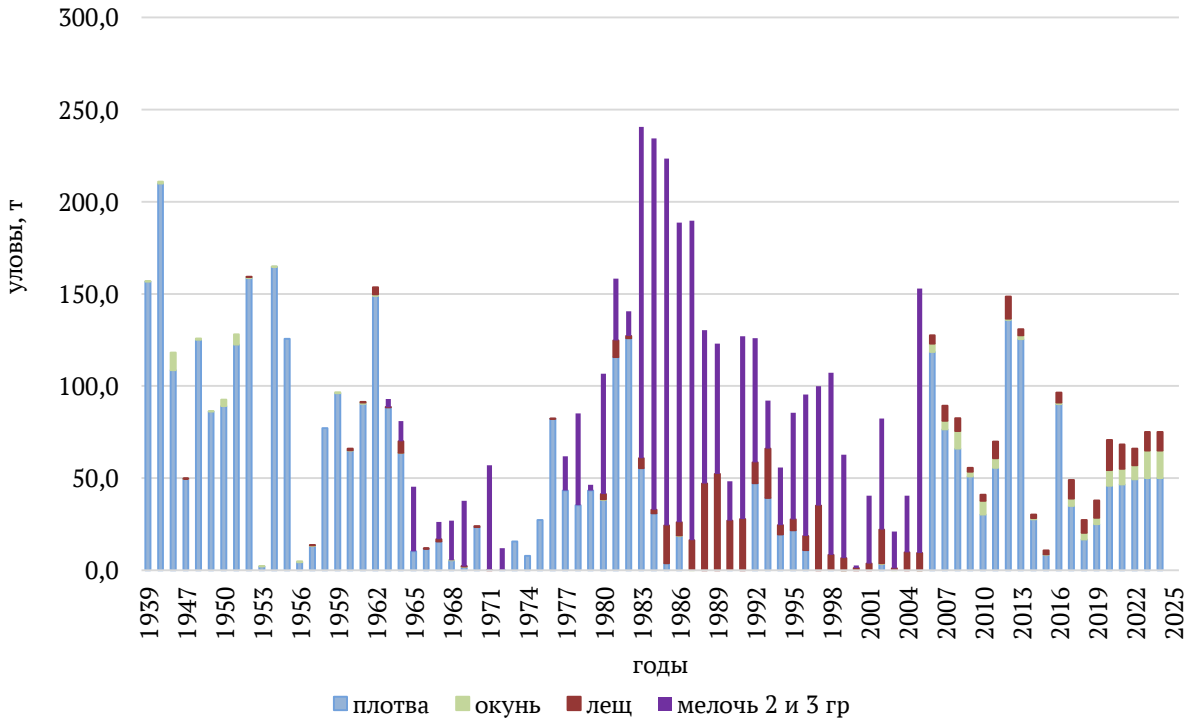


Рис. 1. Структура и динамика промысловых уловов озера Иртяш в период 1939–2024 гг.

На 70–80% «мелочь» состоит из плотвы, остальное – окунь, ерш, елец. В середине 80-х, после интенсивного вылова мелочи, значительно увеличивается добыча леща. Это можно объяснить ослаблением пищевой конкуренции среди молоди и отсутствием выедания икры и личинки леща со стороны окуня, ерша, плотвы. В период 2020–2024 гг., с организацией на озере рыбоводного участка, добыча «мелочи» сменяется мелиоративным выловом плотвы и окуня.

В конце 40-х – начале 50-х годов XX в. в уловах регулярно встречается сиг, затем пропадает на несколько десятилетий и вновь появляется в середине 90-х, благодаря рыбоводным работам, и достигает пика численности в начале 2000-х (рис. 2). После 2009 г. в официальной статистике сиг не отмечен.

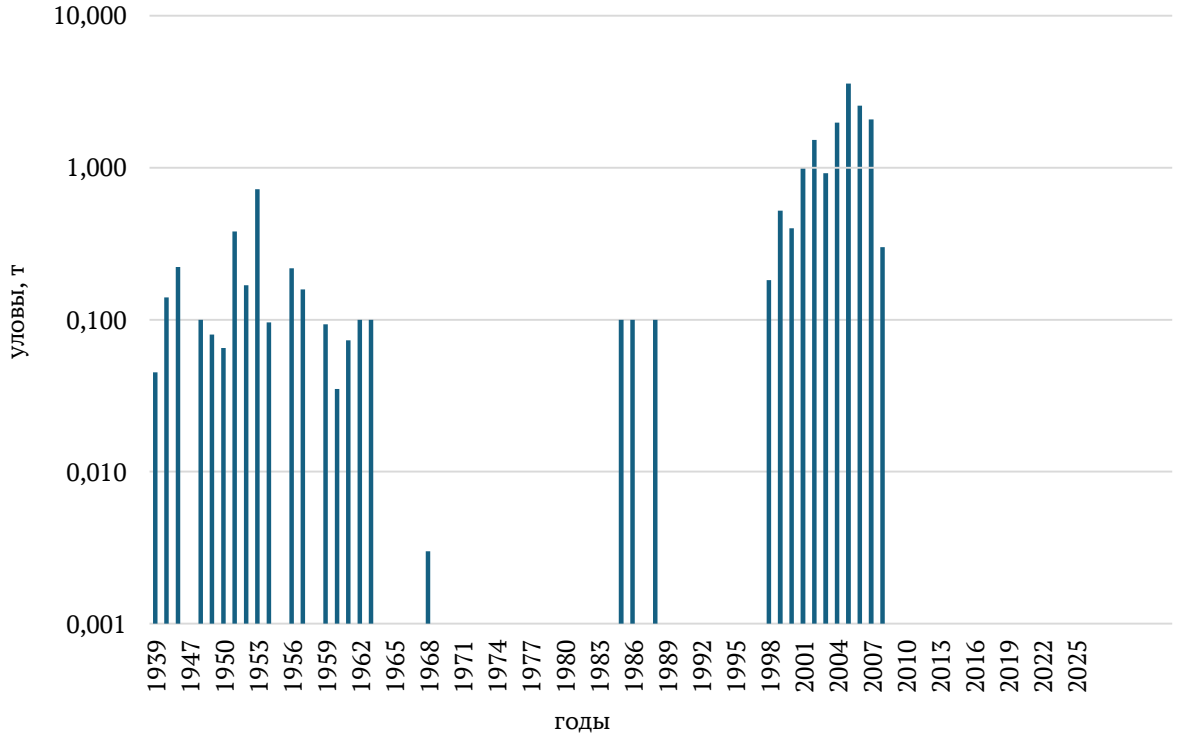


Рис. 2. Динамика уловов сига (ось Y логарифмическая)

Карась, щука, линь всегда составляют небольшую долю улова, однако хорошие результаты по уловам щуки в 2020 г. свидетельствуют о том, что этот вид имеет хороший потенциал (рис. 3).

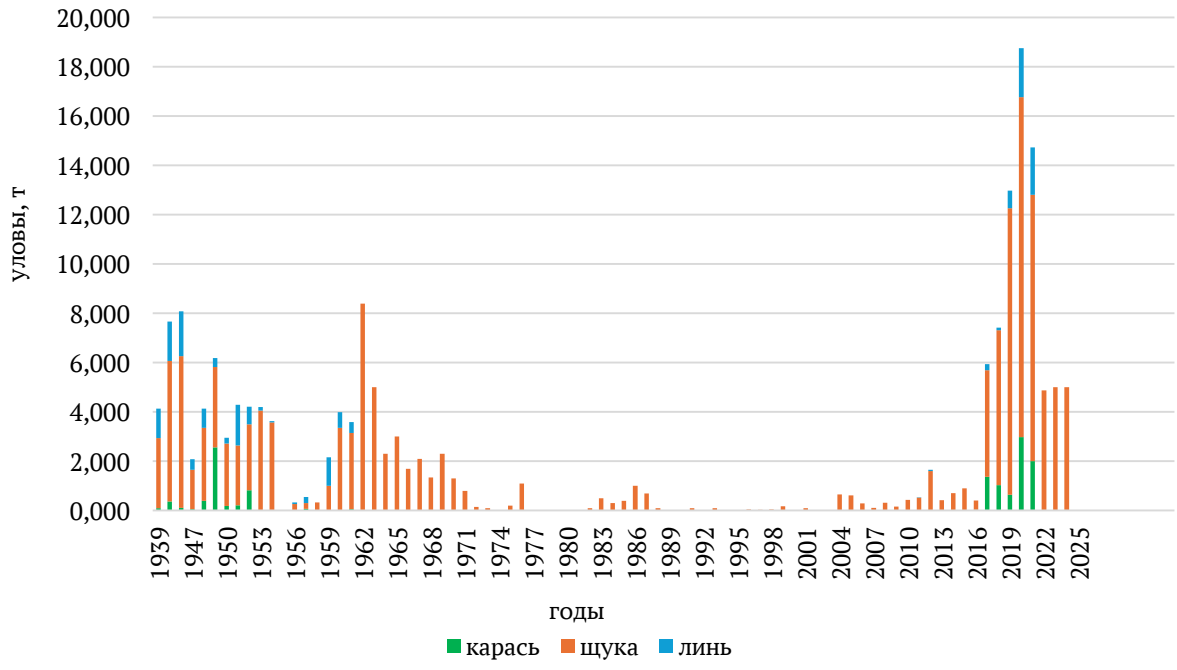


Рис. 3. Динамика уловов малочисленных видов

По официальным данным, посадки щуки проводились в 2010 и в 2013 гг., сига – с 2004 по 2013 гг., что положительно сказалось на статистике промысла.

Отсутствие данных по карасю и линю в уловах с 1963 по 2010 гг. сложно объяснить. Возможно, на численность этих видов повлияла засуха, наблюдавшаяся в 1970-х гг., что привело к обмелению, пересыханию прибрежных зарослей водной растительности.

Многие исследователи [3, 5] отмечали недоиспользованность кормовой базы оз. Иртяш. Большая часть рыб держится в мелководной зоне, создает там достаточно высокую плотность и нехватку кормов. В то же время илистые отложения в глубоких частях озера богаты кормовыми организмами, но туда мелкий частик не заходит. Соответственно, необходимо зарыбление озера крупными бентофагами.

Лещ оз. Иртяш, как и карп (который встречается единично), достигают значительных для Урала линейно-весовых размеров, имеют хорошую упитанность. Очевидно, что крупные виды рыб испытывают и наибольший пресс со стороны рыболовства, в том числе любительского и незаконного, и поэтому нуждаются в регулярных подсадках.

Единично встречаются в уловах судак, рипус, но в промысловой статистике это не отражается.

Выводы

1. Озеро Иртяш, исторически будучи водоемом плотвично-окуневого типа, имеет высокий потенциал для выращивания сиговых видов рыб. Опыт рыбоводных работ, проводимых на озере в течение нескольких десятилетий, показывает, что вселение новых видов рыб происходит достаточно успешно, обогащая состав ихтиофауны, и делая промысел более рентабельным. Для эффективного использования потенциала озера необходима регулярная посадка крупных бентофагов (разные виды сигов и сиговых гибридов, карпа (сазана), а также пелагиальных планктофагов (рипус, пелядь). Перспективна также посадка крупных хищников – щуки, судака, выполняющих роль биомелиораторов, и занимающих разные экологические ниши. Вселение данных видов должно быть регулярным.

2. В связи с закрытием крупных рыбозаводов и изменением форм рыбохозяйственной деятельности (организация рыбоводных участков) меняется интенсивность добычи и ее методы. На смену зимнему неводному лову пришел лов ставными неводами и жаберными сетями, соответственно, изменилась структура уловов. Сети являются селективным орудием и изымают из популяции наиболее крупных особей. В то же время мелкий частик, невостребованный промыслом, обедняет кормовую базу водоема, вытесняя и без того неустойчивые популяции вселенных видов.

3. Абсолютные величины вылова, как и процентное соотношение видов, отражают не столько реальную рыбопродуктивность озера, сколько социально-экономическую обстановку, а также методы и орудия промышленной ловли, способы учета продукции.

4. Наибольший эффект даст комплексное использование озера, с организацией пастбищного выращивания и промышленной добычи рыб, созданием рекреационных и охраняемых зон покоя, интродукции и акклиматизации новых видов с учетом предыдущего опыта.

Литература

1. *Сабанеев Л.П.* Жизнь рыб и рыболовство на зауральских озерах // Сборник «Природа». № 1 и 2. – М., 1874. – С. 220–302.

2. *Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева М.Н.* Гидрохимия озер (Урал и Приуралье). – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 336 с.

3. *Троицкая В.И.* Промыслово-биологический очерк и рыбохозяйственная оценка Уфалейских озер // Труды Уральского отделения ВНИИОРХ. Т. 3. – Свердловск, 1941.

4. *Кучин И.В.* Материалы по рыбоводству и рыболовству в Уральском крае. Пермское Зауралье // Записки УОЛЕ. Т. XXVIII. – Екатеринбург, 1909. – 120 с.

5. Сплошное и выборочное обследование водоемов Кыштымского района Челябинской обл. / *М.Д. Тиронов, В.И. Троицкая, Э.М. Балабанова, Л.И. Масленникова*; Всесоюзный НИИ озерного и речного рыбного хозяйства // Архивные документы УралНИРО, Екатеринбург. – Свердловск, 1942.

УДК [597.555.51: 639.2.081.117.211](571.6)

С.Г. Коростелев, С.И. Корнев

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683000
e-mail: korostelevs@mail.ru

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ, ЧИСЛЕННОСТЬЮ, ПОВЕДЕНИЕМ СИВУЧЕЙ И ДРУГИХ ВИДОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В РАЙОНАХ ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА МИНТАЯ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ В 2025 ГОДУ

Выполнены натурные наблюдения за видовым составом, распределением, численностью, поведением морских млекопитающих и характером их взаимодействия с орудиями лова и промысловыми судами в районах специализированного промысла восточнокамчатского и наваринского минтая в летний период 2025 г. Все виды морских млекопитающих, встреченные в западной части Берингова моря, оставались нейтральны к работе судна, не проявляли реакции на промысловые операции. На протяжении всего рейса не было обнаружено ни одного попадания морских млекопитающих в орудия лова.

Ключевые слова: минтай, траловый промысел, морские млекопитающие, западная часть Берингова моря, тихоокеанские воды Камчатки.

S.G. Korostelev, S.I. Kornev

Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute of FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000
e-mail: korostelevs@mail.ru

OBSERVATIONS OF THE DISTRIBUTION, ABUNDANCE, BEHAVIOR OF SEA LIONS AND OTHER SPECIES OF MARINE MAMMALS IN THE AREAS OF THE POLLOCK TRAWL FISHERY IN THE WESTERN BERING SEA IN 2025

Field observations of the species composition, distribution, number, behavior of marine mammals and the nature of their interaction with fishing gear and fishing vessels in the areas of specialized fishing for East Kamchatka and Navarino pollock in the summer of 2025 were carried out. All marine mammal species encountered in the western Bering Sea remained neutral towards the vessel's operations, showing no reaction to fishing activities. Throughout the voyage, not a single marine mammal hit in fishing gear was detected.

Key words: pollock, trawl fishing, marine mammals, western part of the Bering Sea, Pacific waters of Kamchatka.

В последнее десятилетие в отечественном рыболовстве все большее распространение получает экологическая сертификация промыслов по стандартам Морского попечительского совета – Marine Stewardship Council (MSC). Для подтверждения сертификата выполняются исследования по влиянию промыслов на второстепенные виды рыб, морских птиц и млекопитающих. В связи с этим, в 2025 г. выполнены исследования по взаимодействию морских млекопитающих (ММ) с орудиями лова в районах специализированного тралового промысла минтая в западной части Берингова моря и тихоокеанских водах Камчатки.

Наблюдения проводили в период с 29 мая по 25 июля 2025 г. на БМРТ «Владимир Старжинский», принадлежащем ООО «Ролиз» при промысле минтая в Западно-Беринговоморской зоне (61.01), а также при транзите судна к местам промысла. Районы работ БМРТ «Владимир Старжинский» в летний период 2025 г. представлены на рис. 1.

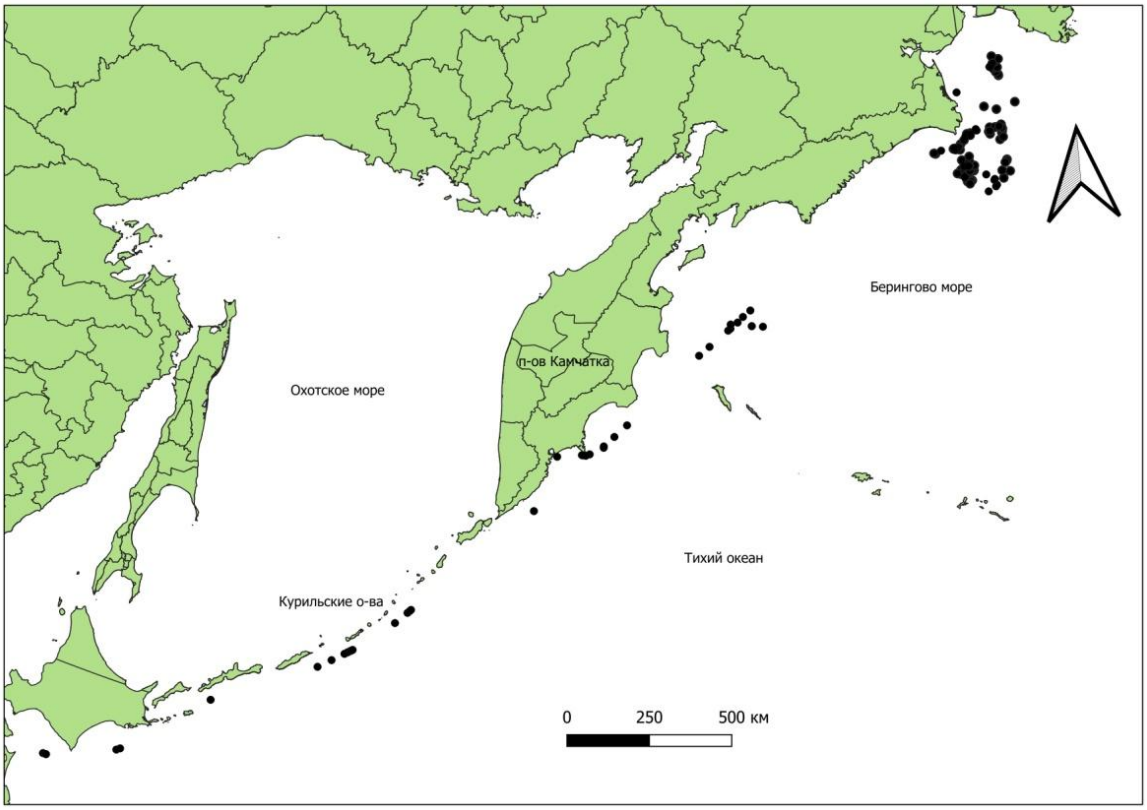


Рис. 1. Районы работ БМРТ «Владимир Старжинский» в летний период 2025 г.

Траления выполняли разноглубинным тралом «Атлантика 1240» с вертикальным раскрытием 40 м, горизонтальным раскрытием 140 м и размером ячеи в кутке 60 мм и тралом R233 модификация 201, ячея в кутке 50 мм. Выбор типа трала при промысле обусловливался пространственно-батиметрическим распределением скоплений облавливаемого объекта.

Наблюдение за присутствием ММ вокруг промыслового судна велись в светлое время суток с верхнего мостика или с ходовой рубки (мостика) как невооруженным глазом, так и с использованием бинокля 7×50. Суть наблюдений за присутствием ММ у судна заключалась в осмотре акватории с интервалом в несколько минут («сканирование»). При обнаружении ММ делалась отметка – символ на GPS-навигаторе Garmin-64 («точка»), визуально определялось расстояние до животного и направление от курса судна. С помощью бинокля уточнялись: видовая принадлежность, количество особей, по возможности, половозрастной состав, поведение, характер взаимодействия с судном или орудием лова (если имелось). Запись регистрировалась в журнале учета ММ. Если позволяла погода, зверей фотографировали или проводили их видеосъемку.

В течение всего периода промысла проводили визуальные наблюдения за промысловыми операциями. События фиксировали с помощью персонального GPS-навигатора в дневнике наблюдений с указанием даты и времени. В течение периода промысла фиксировали все параметры тралений: дату и время постановки трала, время и глубина траления, а также курс судна, горизонт траления, скорость судна на тралении и длину вытравленных ваеров. Также отмечалась дата и время выборки трала, глубина, скорость судна на выборке трала. По окончании выборки трала визуально оценивалась масса вылова в кутке. Все перечисленные параметры заносились в электронном виде в траловую карточку по каждому из проведенных судном в течение рейса тралении.

В Западно-Беринговоморской зоне (61.01) БМРТ «Владимир Старжинский» работал с 16 июня по 18 июля 2025 г., что составило 55 судосуток. В общей сложности было проведено 71 траление. Средняя глубина траления составила 144 м и варьировала от 92 до 270 м, горизонт траления составлял 42,8 и варьировал от 10 до 120 м. (рис. 2). Средний вылов составил 99 902,73 кг за траление (в пределах от 15 000 до 180 000 кг) (рис. 3). Среднее время траления составило 129 мин и варьировало от 50 до 350 мин. Промысловая активность велась вдоль Южной Чукотки, южнее и западнее мыса Наварин и в Анадырском заливе (рис. 4).

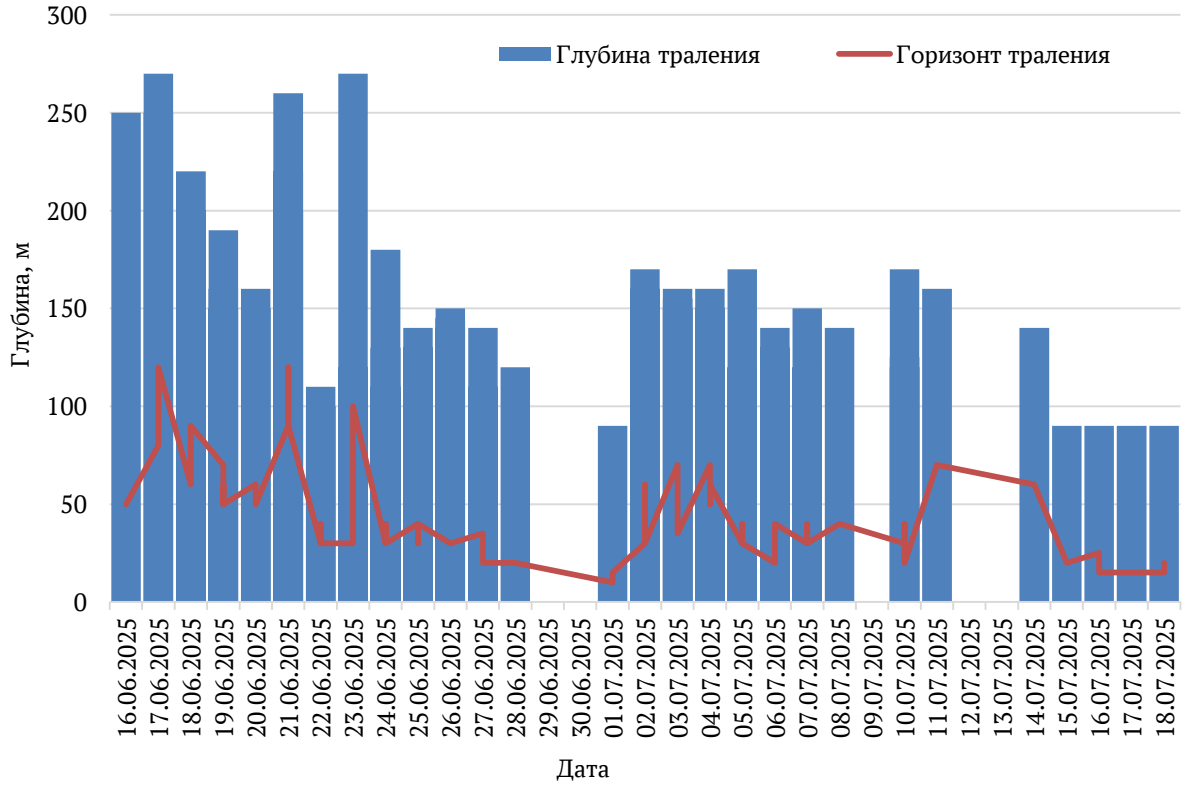


Рис. 2. Глубины и горизонты тралений БМРТ «Владимир Старжинский» в июне – июле 2025 г.

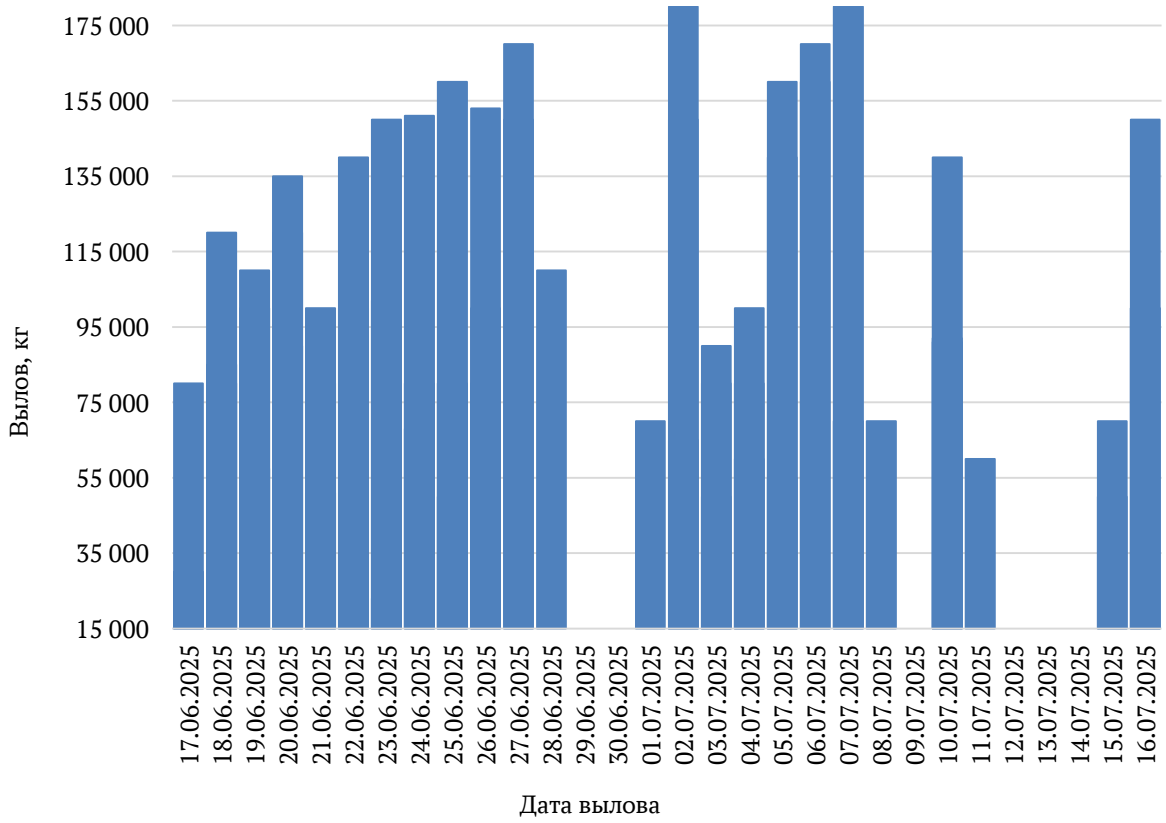


Рис. 3. Выловы БМРТ «Владимир Старжинский» в июне – июле 2025 г.

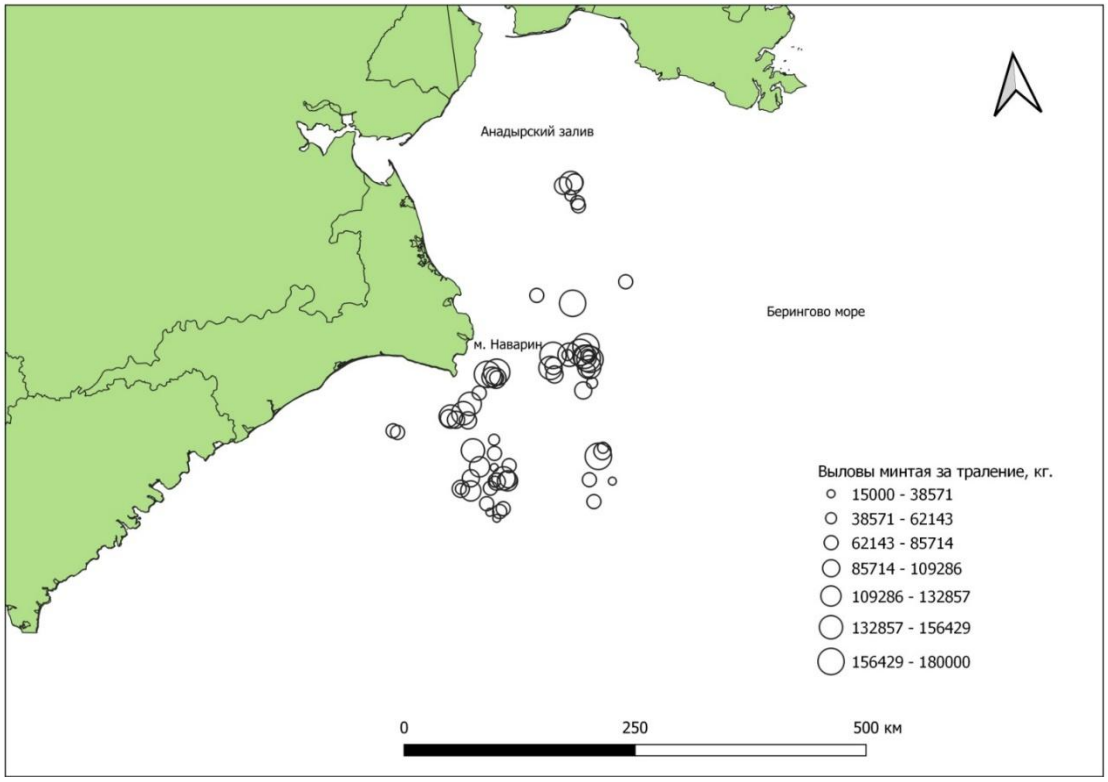


Рис. 4. Места выловов БМРТ «Владимир Старжинский» в июне – июле 2025 г.

В 2025 г. в период с 01 июня по 25 июля в Беринговом море и северной части Тихого океана ММ были встречены 63 раза. Животные наблюдались поодиночке и в группах от двух до 30 особей за один раз. Всего было зафиксировано 583 особи (табл.). Они относились к пяти видам. В ряде случаях китообразные не были определены до вида (рис. 5). Наиболее часто встречалась и была наиболее многочисленна в районах промысла минтая белокрылая морская свинья (41,3% от общего количества встреч и 72% общей численности).

На втором месте по частоте встречаемости был горбатый кит (14,3%), доля от общей численности составляла 8,1%. На третьем месте по частоте встречаемости был малый полосатик – 12,7%, а доля от общего числа встреченных животных составила 4,3%. Четвертое место по частоте встреч занимал северный морской котик – 6,3% или 5,5% от общей численности. Следует отметить, что морские котики отмечались в июне при переходе судна у берегов Японии. Косатки отмечались в 3,2% от количества встреч, доля их от общей численности составила 0,7%. Встречи китов, не определенных до вида, составило 11,1% по частоте встречаемости и составили 2,9% от общего числа встреч. Усатые киты, не определенные до вида, встречались также в 11,1% (6,5% от общего числа встреч). Значительное число встреч животных, не определенных до вида, обусловлено неблагоприятными погодными условиями, состоянием моря и значительном удалении их от наблюдателя.

По характеру взаимодействия с промысловыми судами и орудиями лова можно выделить четыре группы морских млекопитающих: 1) активно взаимодействующие или являющиеся «нахлебниками», 2) извлекающие выгоды от нахождения вблизи от судов во время их тралений, 3) избегающие судов, встречающиеся во время миграций или транзитных проходов, 4) нейтральные, не выказывающие реакции на проходящее судно, не взаимодействующие с орудиями лова [1].

В свою очередь, рыболовство на ММ может оказывать как прямое воздействие (случайный прилов и гибель животных от орудия лова, травмы полученные животными при промысле и т. д.), так и косвенное или опосредованное (вылов гидробионтов – объектов питания ММ, сокращение запасов рыб и головоногих в районах их кормления и т. д.).

Таким образом, распределение морских млекопитающих в пространстве (по акватории моря) и во времени (на протяжении сезона) было крайне неравномерным и напрямую связано с маршрутом следования судна и продолжительностью пребывания в каком-то определенном районе.

Все виды морских млекопитающих, встреченные в Западно-Беринговоморской зоне: малый полосатик, горбач, белокрылая морская свинья, кит, не определенный до вида, косатка – оставались нейтральны к работе судна, не проявляли реакции на промысловые операции. На протяжении всего рейса не было обнаружено ни одного попадания морских млекопитающих в орудия лова.

Видовой состав и частота встречаемости ММ в северо-западной части Тихого океана в июне – июле 2025 г.

№ п/п	Вид	Количество встреч	Общее число животных	Частота встречаемости по количеству встреч, %	Численное соотношение видов, %
1	Белокрылая морская свинья *(Phocoenoides dalli)*	26	420	41,3%	72,0%
2	*Горбатый кит *(Megaptera novaeangliae)*	9	47	14,3%	8,1%
3	Малый полосатик *(Balaenoptera acutorostrata)*	8	25	12,7%	4,3%
4	Северный морской котик *(Callorchinus ursinus)*	4	32	6,3%	5,5%
5	Косатка *(Orcinus orca)*	2	4	3,2%	0,7%
6	*Mysticeti* spp.	7	38	11,1%	6,5%
7	Кит (до вида не определен)	7	17	11,1%	2,9%
8	*Всего*	*63*	*583*	*100,0%*	*100,0%*

* Виды, занесенные в Красную книгу РФ

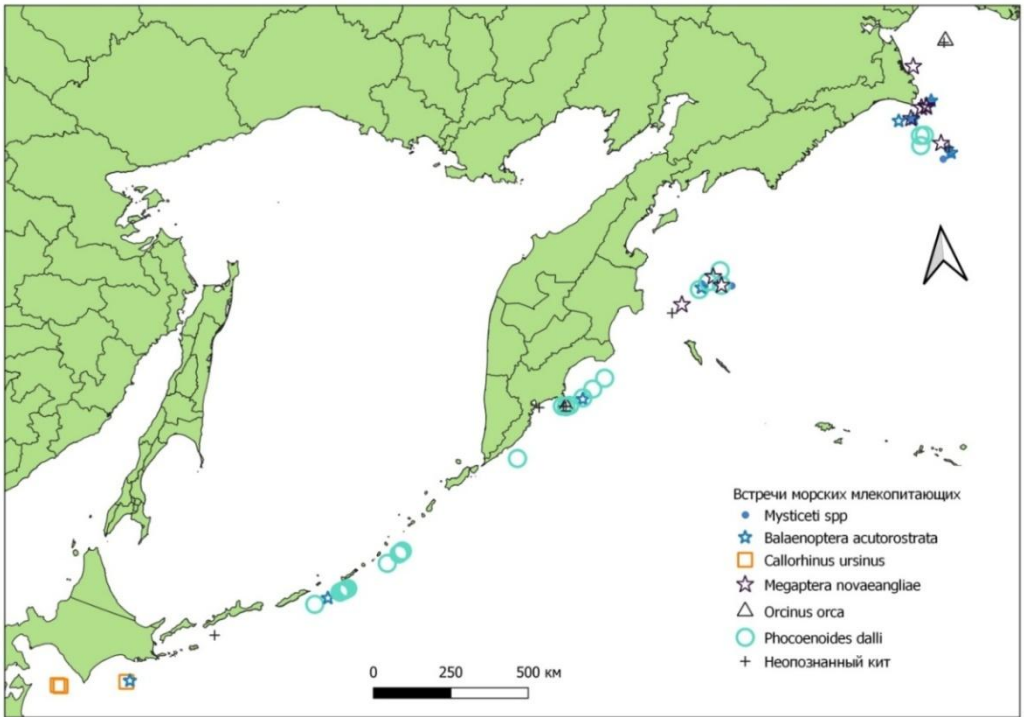


Рис. 5. Места встреч ММ (все виды) на БМРТ «Владимир Старжинский» в июне – июле 2025 г.

Выражаем благодарность за сбор материала наблюдателю на промысле И.В. Метелеву. Работа выполнена в рамках Государственного задания КФ ТИГ ДВО РАН «Исследование и сохранение уникального морского биоразнообразия Камчатки» (Рег. № 124093000049-8).

Литература

1. *Корнев С.И., Миронова А.М.* Взаимодействие морских млекопитающих с морским рыболовством в прикамчатских водах (по материалам мониторинга в 2012–2022 гг.) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2023. – № 71. – С. 92–109.

УДК 598.2-154.343(571.66)

Е.Г. Лобков

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: lobkov48@mail.ru

НА ПУТИ К ЭСТУАРНОЙ ОРНИТОЛОГИИ. РЕЧНЫЕ ЭСТУАРИИ, МЕЛКОВОДНЫЕ ЗАЛИВЫ, БУХТЫ И ЛИМАНЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС ВОСТОЧНОАЗИАТСКО-АВСТРАЛАЗИЙСКОГО МИГРАЦИОННОГО ПУТИ ПТИЦ НА КАМЧАТКЕ

На Камчатке важным компонентом эстуарных природных комплексов являются птицы. Численность куликов, мигрирующих осенью вдоль Камчатки восточноазиатско-австралазийским путем, может достигать сотен тысяч или миллионов особей. Часть проходят регион транзитом. Другие – отдыхают и кормятся рассеянно и многотысячными скоплениями. Ключевыми водными объектами, определяющими успешность таких скоплений, являются именно эстуарии. Важнейшей частью Камчатки в этом отношении следует считать северо-западное (охотское) побережье полуострова. С одной стороны, сохранение естественного состояния эстуариев важно для охраны самих птиц, особенно редких куликов из группы дальних мигрантов. С другой стороны, большое количество водных и околоводных птиц, активно питаясь, наверняка оказывают определенное влияние на динамику, устойчивость эстуарных экосистем и состояние ключевых компонентов. К сожалению, эти вопросы на Камчатке совершенно не изучены, хотя с осторожностью можно говорить о зарождении эстуарной орнитологии. В этой связи исключительную актуальность приобретают задачи по комплексному изучению эстуарных экосистем в целях разработки мер по охране и неистощительному природопользованию на камчатском морском побережье.

Ключевые слова: эстуарий, кулики, миграция, скопления птиц, Камчатка, эстуарная экосистема.

E.G. Lobkov

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: lobkov48@mail.ru

ON THE WAY TO ESTUARY ORNITHOLOGY. RIVER ESTUARIES, SHALLOW BAYS, COASTLINE AND LIMAN AS AN ECOLOGICAL FRAMEWORK OF THE EASTERN ASIA-AUSTRALASIA MIGRATION PATH OF BIRDS IN KAMCHATKA

In Kamchatka, birds are an important component of estuary natural complexes. The number of sandpipers migrating along the East Asian-Australasian route along Kamchatka in autumn can reach hundreds of thousands or millions of individuals. Some of them pass through the region in transit. Others rest and feed scatteredly or in groups of many thousands. Estuaries are the key water bodies that determine the success of such groups. The northwestern (Okhotsk) coast of the peninsula is considered the most important part of Kamchatka in this regard. On the one hand, preserving the natural state of estuaries is important for the protection of the birds themselves, especially the rare long-distance migratory shorebirds. On the other hand, a large number of aquatic and near-aquatic birds, actively feeding, probably have a certain impact on the dynamics, stability of estuarine ecosystems and the condition of key components. Unfortunately, these issues have not been studied at all in Kamchatka, although one can speak carefully about the emergence of estuarine ornithology. In this regard, the tasks of a comprehensive study of estuarine ecosystems in order to develop measures for the protection and sustainable use of natural resources on the Kamchatka seashore are becoming extremely relevant.

Key words: estuary, sandpipers, migration, bird flocks, Kamchatka, estuarine ecosystem.

Морские прибрежные природные комплексы, при всем разнообразии их происхождения и ландшафтного облика, характеризуются уникальными экологическими особенностями, формирующимися на границе моря и суши, в зоне контакта морской и пресной водной среды и рас-

сматриваются как самостоятельный раздел экологии [1]. В течение последних десятилетий за рубежом (Blaber S.I.M., Potter J.S., Vasconcelos R.P., Whitfield A.K. и многие другие) активно ведутся исследования в направлении «эстуарной биологии» с позиции фундаментальных основ прибрежной экологии вообще, и в частности, в направлении «эстуарной ихтиологии» с позиции интересов рыболовства. Издаются тематические сборники, обзоры, периодика. По результатам монографического анализа большого объема информации, собранной в этом направлении, зарубежные ученые успешно работают над проблемой формирования биоразнообразия прибрежных водных фаун и векторы их адаптации. Это важно не только для фундаментальной биологической науки, но и для практики – для разработки инновационных моделей рационального использования прибрежных биологических ресурсов.

Отечественная биологическая наука заметно отстает в этом отношении. И потому отрадно, что такого рода исследования все же развиваются в России, прежде всего, на Камчатке, где, как известно, благодаря уникальным природным условиям, наблюдается самое большое в нашей стране разнообразие типов приливных эстуариев [2–4 и др.]. Сформулированы понятия об эстуарной ихтиофауне, формируется базовая информация о разнообразии и типологии эстуарных ихтиологических сообществ Камчатки, разработана гипотеза о роли прибрежных литоралей и речных эстуариев в расселении рыб и т. д. [5].

Цель и задачи наших исследований. Настало время вписать в направление эстуарной геоморфологии, ихтиологии (и гидробиологии) Камчатки исследования других систематических групп живых организмов, включая наземную биоту. Например, насекомых, птиц, млекопитающих. Мы говорим о необходимости комплексного подхода к разработке научных основ общей стратегии сохранения биологического разнообразия, естественных природных популяций, а также их рационального хозяйственного освоения в прибрежной зоне Камчатского края – одного из важнейших промысловых регионов России, где сосредоточены богатейшие биологические ресурсы. Ведь нет сомнений в том, что компоненты экосистем речных эстуариев, лиманных и морских прибрежных комплексов взаимосвязаны и стабильно функционируют в единстве множества экологических связей. Актуальность таких исследований на Камчатке очевидна. В данном сообщении мы будем говорить о птицах.

Что такое на Камчатке восточноазиатско-австралазийский пролетный путь птиц. Как известно, Камчатка географически расположена в области одного из магистральных миграционных путей птиц, связывающего области размножения наземных, водных и околоводных птиц на Северо-Востоке Азии (отчасти и Северной Америки) и места их зимовки в Центральной и Южной Пацифике к югу до Австралии и Новой Зеландии. Этот ежегодный маршрут движения огромного количества птиц весной и осенью трактуется как восточноазиатско-австралазийский пролетный путь. Фронт пролета птиц охватывает весь полуостров Камчатка, прилегающие морские акватории, но решающая часть мигрантов следует морскими побережьями. Здесь плотность миграционного потока наибольшая. Часть мигрантов преодолевают Камчатку транзитом, но многие останавливаются на отдых и кормежку, образуя в том числе массовые скопления. Такие скопления особенно характерны для водных (гусеобразные) и околоводных (кулики) птиц. Для ряда видов стабильность условий, обеспечивающих возможность ежегодных скоплений столь важны, что определяют успешность существования популяций и даже видового населения в целом. Биотопически массовые скопления водных и околоводных птиц на миграциях приурочены к мелководным литоралям, богатым кормами. Это – эстуарии крупных рек, лиманы, мелководные заливы и бухты, куда впадают ручьи и реки, и где в часы отлива освобождаются от воды большие участки литоралей, образующие так называемые осушки. То есть именно те прибрежные природные объекты, которые входят в круг интересов эстуарной экологии и ихтиологии. В данном случае мы акцентируем внимание на их значимости для птиц. По сути, речь идет о значении прибрежных водных природных объектов Камчатки в качестве экологического каркаса, обеспечивающего надежные и стабильные условия для успешной миграции огромного количества птиц в западной части Тихого океана.

Данные орнитологов свидетельствуют о том, что численность куликов, следующих восточноазиатско-австралазийским пролетным путем, стремительно сокращается, и основная причина этого заключается в активной мелиорации литоралей в местах важнейших остановок мигрантов в Жёлтом море, в Китае и Корее [6, 7 и др.]. На Камчатке тоже очевидны трансформации прибрежных природных комплексов в связи с их хозяйственным освоением, и с годами эти транс-

формации усиливаются. Но в целом экологическая обстановка в нашем регионе вполне удовлетворительная. И в этом значимость камчатского региона в сохранении стабильности одного из крупнейших миграционных путей птиц и популяций многих видов.

География крупнейших миграционных скоплений птиц на побережьях Камчатки. 50–70 лет назад **(**в 1960–1970-е годы) еще не было понятия о Восточноазиатско-Австралазийском пролетном пути, не было крупных международных проектов по кооперации усилий по охране птиц на этом миграционном направлении. Но орнитологи уже сознавали значимость прибрежных литоралей, речных эстуариев и лиманов Камчатки в сохранении условий для успешного отдыха и питания птиц крупными скоплениями (серия публикаций Н.Н. Герасимова об интересных авифаунистических находках и скоплениях гусеобразных и куликов на побережьях Камчатки от острова Карагинского до устья Морошечной и дельты Авачи). Это нашло отражение в создании ряда хорошо известных на Камчатке региональных заказников (эстуарий рек Морошечной, Утхолок, дельта Авачи (оз. Хламовитское), лаг. Маламваям и др.).

В 1980-х годах стало очевидным, что особенность Камчатки не только и не столько в наличии отдельных крупных скоплений птиц на миграциях, но в том, что ее побережья представляют собой почти непрерывную цепь литоральных приливно-отливных мелководий разного облика и происхождения, и все они, благодаря обилию доступных кормов, представляют собой удобные и исключительно ценные места обитания для мигрирующих и линяющих птиц [8]. Были сделаны первые попытки произвести инвентаризацию таких сезонных скоплений птиц в масштабах региона и нанести их на карту [9, 10]. Кратко орнитологически охарактеризованы крупнейшие из них. Так зарождалась на Камчатке эстуарная орнитология.

В последующем камчатские орнитологи описывали все новые скопления птиц, успешность существования которых определяла сохранение крупных популяций. Их география расширялась. С разработкой понятия о ключевых орнитологических территориях в их категорию были отнесены многие эстуарные скопления [11]. По проекту (Ю.Б. Артюхин, КФ ТИГ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский) выделения морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока [12] на Камчатке охарактеризованы 12 островных и прибрежных водных объектов.

В развитие эстуарного направления в орнитологии по результатам дешифрирования космических снимков морских побережий разработано представление об особой значимости для миграции куликов литоралей всей северной части Охотского моря, куда входит и западное побережье полуострова Камчатка [13]. Можно сказать, что эстуарная орнитология на Камчатке, как одно из актуальных направлений в изучении птиц, сложилась, но координации и общей программы работ нет, как нет специального и надежного финансирования. Исследования в этом направлении все еще определяются инициативой конкретного исполнителя. Ждет своего разработчика и фундаментальная оценка итогов уже проведенных работ.

Экологические факторы формирования эстуарных миграционных скоплений птиц на Камчатке. Эстуарные типы птичьих скоплений. По итогам собственных полевых исследований в течение последних 50 лет, охвативших практически всю Камчатку, и принимая во внимание опубликованные материалы разных авторов, мы произвели новую инвентаризацию миграционных скоплений птиц с позиции анализа ключевых экологических факторов, которые определяют саму возможность таких скоплений. Проанализировали десятки публикаций, в которых есть информация о гидрологическом режиме, морфологическом строении и биоразнообразии эстуарных природных комплексов Камчатки. Решающий объем известной информации относится к происхождению того или иного водного объекта, его геоморфологии и гидрологии. Считается [2–4 и др.], что с этих позиций на Камчатке встречаются приливные эстуарии почти всех возможных типов. В соответствии с типизацией, принятой камчатскими ихтиологами [14], мы выделяем в качестве основных – русловые, лагунные и морские миграционные эстуарные скопления птиц. Показано, что крупные миграционные скопления водных и околоводных птиц возможны в эстуарных природных комплексах каждого из этих типов. Есть и их варианты. Однако это лишь в общем. Для птиц важно не только и не столько геоморфологические особенности эстуариев, но, главным образом, богатство и особенности их биоразнообразия (прежде всего, биоразнообразие, продуктивность и доступность водных растений, беспозвоночных и рыб), поскольку это напрямую связано с обеспеченностью птиц кормами, а также защитными условиями во время остановки. При этом надо отметить, что биоразнообразие эстуарных комплексов Кам-

чатки изучено явно недостаточно и детальная типизация орнитологических миграционных эстуарных скоплений еще впереди. Очевидно, что, каким бы по происхождению и геоморфологии не отличался тот или иной эстуарный природный комплекс, крупные миграционные скопления птиц в его границах возможны только в условиях мелководности и образования в часы отлива значительных по площади литоральных осушек. Причем в разной степени влажных и мокрых осушек, а не сухих песков.

Перелетные птицы следуют восточноазиатско-австралазийским миграционным маршрутом весной и осенью. При этом весной массовых скоплений мигрантов меньше, чем осенью. Это связано с географическим расположением полуострова Камчатка в холодных условиях Северной Пацифики, где сроки весеннего фенологического развития природы отличаются поздними датами [15]. Так что ко времени пиковых периодов весенней миграции птиц многие эстуарные природные комплексы просто не подходят птицам для массового отдыха по состоянию кормовых и защитных условий из-за неблагоприятной ледовой обстановки. Наиболее велико значение Камчатки для формирования миграционных скоплений птиц – в конце лета и осенью (июль – сентябрь).

Самые массовые миграционные скопления птиц на морских побережьях Камчатки наблюдаются среди куликов. В период позднелетнего (июль) и осеннего (август – октябрь) пролета вдоль Камчатки кулики отдыхают и кормятся практически по всему морскому побережью, включая не только сами эстуарные природные комплексы, но также протяженные морские литоральные пляжи между реками, лиманами, бухтами и заливами, а также и прибрежную полосу морской акватории. Все морское побережье Камчатки представляет собой важную область миграции куликов в северо-западной области Пацифики не только в качестве транзитного пролетного пути, но и в качестве области отдыха и кормежки.

В авифауне Камчатки 56 видов куликов [16]. Среди них есть очень редкие, занесенные в Красные книги разных рангов от региональных до международных, встречи с которыми единичны и популяции которых находятся в критическом состоянии (охотский улит, куликлопатень и др.). Но многие виды – вполне обычны на миграциях, есть и многочисленные, массовые. Минимум для 15 видов миграции вдоль Камчатки можно назвать массовыми.

Решающее число видов куликов концентрируется непосредственно на побережье. Особенно велика численность песочников, ржанок и улитов. В прибрежной акватории собираются плавунчики. На западном (охотском) побережье Камчатки такие скопления расположены от устьев рек Пенжина и Таловка на севере до р. Голыгиной на юге, на восточном побережье – от зал. Корфа до дельты Авачи. Западнокамчатские скопления куликов крупнее восточнокамчатских. Вообще, северо-западное побережье полуострова Камчатка (условно: от рек Большой Воровской до Пенжины) можно выделить в качестве одного из ключевых миграционных районов для куликов, мигрирующих восточноазиатско-австралазийским путем.

В составленном нами списке – 16 важнейших массовых скоплений куликов. Крупнейшие из них в дни пик единовременно насчитывают десятки тысяч особей. В последние годы большую известность у орнитологов получило скопление куликов в мелководном заливе в эстуарии рек Хайрюзова и Белоголовой, по результатам изучения которого опубликована серия статей и сообщений [6, 7, 17–22 и др.]. Многолетний мониторинг осеннего миграционного скопления куликов организовал в устье (лимане) р. Большой Воровской Ю.Н. Герасимов с коллегами [23, 24 и др.].

Итак, эстуарии играют важную роль в формировании биоразнообразия прибрежных сообществ Камчатки. Ихтиологи давно обратили внимание на актуальность проблем эстуарной ихтиологии, с позиции, в том числе, рационального использования прибрежных биологических ресурсов. Но не только рыбы являются важным компонентом эстуарных экосистем. На Камчатке, как показывают работы орнитологов, важным компонентом эстуарных природных комплексов являются птицы. Например, кулики. Имея в виду их массовые миграции. Действительно, общая численность куликов, мигрирующих осенью вдоль Камчатки восточноазиатско-австралазийским путем, может, вероятно, достигать сотен тысяч или миллионов особей. Часть проходят регион транзитом. Другие – отдыхают и кормятся рассеянно и многотысячными скоплениями. Ключевыми водными объектами, определяющими успешность таких скоплений, являются именно эстуарии. Самой важной частью Камчатки в этом отношении следует считать северо-западное (охотское) побережье полуострова. С одной стороны, сохранение естественного состояния эстуариев

важно для охраны самих птиц, как важной части биоразнообразия, поскольку стабильность экологического состояния эстуарных природных комплексов Камчатки – залог сохранения популяций ряда редких видов куликов, прежде всего, из группы дальних мигрантов [7, 25].

С другой стороны, нужно иметь в виду, что ежегодно в эстуариях и на морских пляжах Камчатки в период миграций находится большое количество водных и околоводных птиц. Активно питаясь, они наверняка оказывают определенное влияние на динамику, устойчивость эстуарных экосистем и состояние их ключевых компонентов. К сожалению, эти вопросы на Камчатке совершенно не изучены, хотя с осторожностью можно говорить о зарождении эстуарной орнитологии (по аналогии с эстуарной ихтиологией). Можно предполагать, что за сотни и тысячи лет экологическая роль птиц в эстуариях Камчатки стала естественной и наверняка является одним из условий их стабильного состояния. В этой связи исключительную актуальность приобретают задачи по комплексному изучению эстуарных экосистем в целях разработки мер по охране и неистощительному природопользованию на камчатском морском побережье.

Литература

1. *Одум Ю.* Основы экологии. Перевод с 3-го английского издания. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
2. *Горин С.Л.* Гидролого-морфологические процессы в эстуариях Камчатки: Дис. … канд. географ. наук. – М.: ВНИРО, 2009. – 193 с.
3. *Горин С.Л.* Эстуарии полуострова Камчатка: теоретические подходы к изучению и гидролого-морфологическая типизация. Итоги 10 лет исследований // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Научный рецензируемый журнал. Вып. 27. – 2012. – С. 5–12.
4. *Горин С.Л., Коваль М.В.* Состояние и перспективы исследований в эстуариях Камчатского края // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Труды IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Москва, 15–18 сентября 2015 г.). – М.: ИВП РАН. 2015. – С. 402–405.
5. *Коваль М.В.* Ихтиофауна эстуариев Камчатки: условия формирования и экологическая характеристика: Автореф. канд. дис. – Петропавловск-Камчатский, 2025. – 48 с.
6. *Дорофеев Д.С., Иванов А.П.* Охрана видов-дальних мигрантов восточноазиатско-австралазийского пролетного пути на миграционных остановках Охотского моря // Биологические проблемы Севера: Материалы межд. науч. конф., посвященной 300-летию РАН (Магадан, 7–11 октября 2024 г.); [отв. ред. О.А. Радченко]. – М.: Знание-М, 2024. – С. 89–90.
7. *Дорофеев Д.С., Иванов А.П.* Охрана видов-дальних мигрантов восточноазиатско-австралазийского пролетного пути на миграционных остановках Охотского моря // Материалы XVI Межд. орнитол. конф. Северной Евразии / Отв. ред. И.И. Рахимов, Э.А. Рустамов (Казань, 21–24 апреля 2025 г.). – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2025. – С. 73–74.
8. *Лобков Е.Г.* Мелководные лиманы и бухты Камчатки // Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц (тез. Всесоюз. семинара 20–23 октября 1984 г.). – М., 1984. – С. 256–258.
9. *Lobkov E.* Die Vogelwelt Kamtschatkas // Acta ornithoecologica. – Jena, 1997. – № 3 (4). – P. 319–415.
10. *Lobkov E.G.* Main Concentration of Migrating Waders on the Kamchatka Peninsula // Migration and International Conservation of Waders. Research and Conservation on North Asian, African and European Flyways. International Wader Studies, 1998. 10: 233–236.
11. *Герасимов Н.Н., Герасимов Ю.Н., Вяткин П.С.* Ключевые орнитологические территории Камчатки // Биология и охрана птиц Камчатки. Вып. 2. – М., 2000. – С. 3-6.
12. Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России / Под ред. Ю.Б. Артюхина. – М.: РОСИП, 2016. – 136 с.
13. *Дорофеев Д.С., Добрынин Д.В.* Литорали северной части Охотского моря, имеющие важное значение для миграции куликов (по материалам дешифрирования космоснимков) // Первый Всеросс. орнитол. конгресс (г. Тверь, Россия, 29 января – 4 февраля 2018 г.). Тез. докл. Тверь, 2018. – С. 97-98.
14. *Коваль М.В.* Эстуарная ихтиология Камчатки: условия формирования, видовое разнообразие и экологическая характеристика // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Научный рецензируемый журнал. Вып. 72. – 2024. – 236 с.

15. *Лобков Е.Г.* Птицы Камчатки (география, экология, стратегия охраны). Диссертация доктора биол. наук. – М. МПГУ, 2003. – 60 с.

16. Птицы Камчатки и Командорских островов. Полевой определитель / *Е.Г. Лобков, Ю.Н. Герасимов, А.А. Мосалов, Е.А. Коблик*. – М.: Перо, 2021. – 422 с.

17. *Дорофеев Д.С., Добрынин Д.В.* Литорали северной части Охотского моря, имеющие важное значение для миграции куликов (по материалам дешифрирования космоснимков) // Первый Всеросс. орнитол. конгресс (г. Тверь, Россия, 29 января – 4 февраля 2018 г.). Тез. докл. – Тверь, 2018. – С. 97–98.

18. *Дорофеев Д.С., Добрынин Д.В., Казанский Ф.В.* Эстуарий рек Хайрюзова и Белоголовая – ключевое место для мигрирующих куликов Западной Камчатки // XIV Междунар. орнитол. конф. Северной Евразии (Алматы, 18–24 августа 2015 г.). I. Тезисы. – Алматы, 2015. – С. 172–174.

19. Миграционная обстановка куликов в эстуарии рек Хайрюзова-Белоголовая: продолжительность, видовой состав, бентос литоральных осушек / *Д.С. Дорофеев, Д.В. Добрынин, А.И. Мацына, А.И. Ганюкова, М.В. Мардашова, А.П. Иванов, А.С. Шупикова* // Первый Всеросс. орнитол. конгресс (г. Тверь, Россия, 29 января - 4 февраля 2018 г.). Тез. докл. – Тверь, 2018. – С. 98–99.

20. Значение эстуария рек Хайрюзова-Белоголовая (Камчатка) для трех видов куликов-дальних мигрантов: большого песочника, большого и малого веретенников / *Д.С. Дорофеев, Д.В. Добрынин, А.И. Мацына, А.П. Иванов, А.С. Шупикова* // Орнитология: история, традиции, проблемы и перспективы. Материалы Всеросс. конф., посвященной 120-летию со дня рождения профессора Г.П. Дементьева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – С. 140–142.

21. Ключевая миграционная остановка международного значения куликов - дальних мигрантов в эстуарии рек Хайрюзова-Белоголовая полуострова Камчатка / *Д.С. Дорофеев, А.П. Иванов, Д.Н. Рожкова, Е.А. Худякова* // Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.): Тезисы докл. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – С. 73–74.

22. *Дорофеев Д., Ноа Т., Ганюкова А.* Эстуарий рек Хайрюзово-Белоголовая (Западное побережье Камчатки) – ключевое место для мигрирующих видов куликов // Вопросы экологии, миграции и охраны куликов Северной Евразии: Материалы 10-й юбилейной конф. раб. группы по куликам Северной Евразии (Иваново, 3–6 февраля 2016 г.). – Иваново: Иван, 2016.

23. Итоги изучения миграции куликов в устье реки Большой Воровской, Западная Камчатка / *Ю.Н. Герасимов, А.И. Мацына, И.М. Тиунов, Э.Р. Духова, А.С. Гринькова, Ю.Р. Завгарова, Е.Л. Мацына, В.М. Ковалёва* // Охрана окружающей среды и заповедное дело. – 2023. – № 1. – С. 18–25.

24. Лиман треки Большой Воровской как угодье международного значения для куликов в период миграции / *Ю.Н. Герасимов, И.М. Тиунов, А.И. Мацына, Р.В. Бухалова* // Вопросы экологии, миграции и охраны куликов Северной Евразии: Материалы 10-й юбил. конф. рабочей группы по куликам Северной Евразии (Иваново, 3–6 февраля 2016 г.). – Иваново: ИвГУ, 2016. – С. 125–129.

25. Ключевая миграционная остановка международного значения куликов - дальних мигрантов в эстуарии рек Хайрюзова-Белоголовая полуострова Камчатка / *Д.С. Дорофеев, А.П. Иванов, Д.Н. Рожкова, Е.А. Худякова* // Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.). Тезисы докл. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – С. 73–74.

УДК 639.3.045(470.5)

А.В. Лугаськов, А.В. Черногубов

Уральский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (УралНИРО), Екатеринбург, 620014
e-mail: lugaskoff2011@yandex.ru

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФООБЛИКА РИПУСА В ПРОЦЕССЕ АККЛИМАТИЗАЦИИ НА УРАЛЕ

Практика использования ладожского рипуса, являющегося крупной быстрорастущей формой европейской ряпушки *Coregonus albula* (Linnaeus, 1758), для целей акклиматизации насчитывает почти сто лет. Попытки вселения рипуса в водоемы разного типа (озера, водохранилища) с целью формирования промысловых запасов этой рыбы имели место в разных регионах СССР и России – в Казахстане, Западной Сибири, в том числе и на Урале. Успешность акклиматизационных работ по рипусу в разных регионах была различной. До настоящего времени самовоспроизводящиеся популяции рипуса в этом регионе, имеющие промысловое значение, сохранились только в двух озерах Челябинской области: Увильды и Тургояк. За счет многолетнего вселения в Нижне-Качканарское водохранилище на севере Свердловской области начиная с 2002 г. в этом водоеме к 2015–2017 гг. сформировалась многочисленная популяция, являющаяся объектом любительского рыболовства. В новых условиях обитания у рипуса Нижне-Качканарского водохранилища появился ряд морфологических особенностей, сочетающих признаки морфообликa уральских и ладожской популяций.

Ключевые слова: европейская ряпушка, рипус, акклиматизация, морфология, счетные признаки, пластические признаки, изменчивость, адаптация.

A.V. Lugaskov, A.V. Chernogubov

Ural branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (UralNIRO), Yekaterinburg, 620014
e-mail: lugaskoff2011@yandex.ru

VARIABILITY OF RIPUS MORPHOBLIQUE DURING ACCLIMATIZATION IN THE URALS

The practice of using Ladoga ripus, which is a large fast-growing form of European vendace Coregonus albula (Linnaeus, 1758), for acclimatization purposes dates back almost a hundred years. Attempts to introduce ripus into reservoirs of various types (lakes, reservoirs) in order to form commercial stocks of this fish took place in different regions of the USSR and Russia – in Kazakhstan, Western Siberia, including the Urals. The success of acclimatization work on ripus in different regions was different. Until now, self-reproducing ripus populations in this region, which are of commercial importance, have been preserved only in two lakes of the Chelyabinsk region: Uvildy and Turgoyak. Due to the long-term settlement in the Nizhne-Kachkanarsky reservoir in the north of the Sverdlovsk region since 2002, in this reservoir by 2015-2017 a large population has formed, which is an object of amateur fishing. In the new habitat conditions ripus of the Nizhne-Kachkanar Reservoir has developed a number of morphological features, combining signs of the morphoblique of the Ural and Ladoga populations.

Key words: European vendace, ripus, acclimatization, morphology, counting signs, plastic signs, variability, adaptation.

Ладожский рипус является одним из самых популярных объектов водных биологических ресурсов, использовавшихся в рыбоводной практике для вселения в водоемы различного типа на территории бывшего СССР. Работы по акклиматизации ладожского рипуса были начаты в 1929 г. [1, 2] и продолжаются по настоящее время. Основной целью акклиматизации рипуса является создание самовоспроизводящихся популяций, повышение эффективности использования кормовых запасов зоопланктона, увеличение промысловой рыбопродуктивности водоемов за счет роста численности ценного вида сиговых рыб.

Итоги работы по акклиматизации рипуса в озерах Урала подробно изложены в работе Г.П. Померанцева [3]. Положительные результаты этой работы были получены на водных объектах Свердловской области (оз. Таватуй, Шарташ), Челябинской области (оз. Увильды и Тургояк), а позже – в Предуралье (Ириклинское водохранилище) и в водохранилищах на р. Тобол, в Казахстане (Верхнетобольское и Каратамарское водохранилища).

Следует отметить, что без регулярных зарыблений популяция рипуса в озерах Свердловской области в силу различных причин, в первую очередь лимнологических особенностей озер, утратила промысловое значение к 70-м годам прошлого столетия, а в настоящее время исчезла почти полностью. В то же время в глубоководных озерах Челябинской области Увильды и Тургояк самовоспроизводящиеся популяции рипуса сохранились и до настоящего времени имеют промысловое значение.

Большинством авторов, исследовавших одну из форм европейской ряпушки – рипуса, отмечались его высокая экологическая пластичность, способность образовывать различные группировки, локальные формы, расы, адаптированные к конкретным условиям обитания. Естественно ожидать, что при вселении в водоемы разного типа в разных климатических зонах исходная форма (чаще всего ладожский рипус) в новых условиях помимо своих важнейших биологических свойств (темп роста, продолжительность жизненного цикла, сроки наступления половой зрелости) будут меняться многие морфологические характеристики. В первую очередь это касается признаков, связанных с размерами плавников и расположением их на теле рыб, морфологическими особенностями головы и ротового аппарата, обеспечивающими успешность добычи и потребления корма [4, 5].

Несмотря на продолжительный опыт использования рипуса в целях акклиматизации, его морфологическая изменчивость, особенности формирования морфооблика рыб в водоемах разного типа, изучены очень слабо, сравнительные исследования морфологических особенностей вселенных рыб и особей из материнского водоема крайне ограничены.

В настоящей работе предпринята попытка выявить основные направления морфологических изменений в уральских популяциях рипуса и их возможную обусловленность условиями обитания.

Материалом для настоящей работы послужили 30 особей рипуса из февральских любительских уловов на Нижне-Качканарском водохранилище, расположенном в г. Качканар на севере Свердловской области. Водохранилище сооружено на р. Выя (относится к бассейну р. Тура: →р. Тобол→р. Иртыш→р. Обь) в горной части региона, руслового типа, слабопроточное, площадь 895 га, средняя глубина 9,55 м, максимальная – 33,5 м.

Все измеренные особи были неполовозрелыми (стадия зрелости II – II-III), возраста 1 год (20 шт.) и 2 года (10 шт.). В работе анализировался обобщенный по полу и возрасту материал. Промеры выполнены согласно рекомендациям И.Ф. Правдина [6] с применением штангенциркуля. Подсчет тычинок на первой жаберной дуге и чешуй в боковой линии осуществлялся с использованием бинокулярного микроскопа МБИ-10. Возраст рыб определен по чешуе. Средняя длина рыб по Смитту составила: 1 год – 137 мм, 2 года – 179 мм. При обработке материала использовались стандартные статистические программы.

Первое, и по сути единственное, подробное описание морфологических признаков ладожского рипуса, характеризующих его систематическое положение, приведено в работе И.Ф. Правдина с соавторами [7]. Материалы этой работы использовались при проведении сравнительных морфологических исследований в более поздних работах автора и у других исследователей.

Первые данные по морфологии рипуса, относящиеся к локальной форме «уральский рипус», были приведены в работе Г.В. Алешина [8]. Специальное исследование морфологических изменений рипуса при его акклиматизации в водоемах Урала было выполнено Г.В. Лопатышкиной почти через 30 лет с начала работ по его акклиматизации [9]. Последние сравнительные материалы по морфологии рипуса уральских озер приведены в работе К.Ф. Корлякова [10].

Самовоспроизводящаяся популяция рипуса в Нижне-Качканарском водохранилище сформировалась за счет периодического зарыбления водоема начиная с 2005 г. К 2017 г. в водохранилище появилось многочисленное стадо рипуса с несколькими возрастными группами рыб, высокой плодовитостью и относительно крупными размерами тела [11]. Меристические и пластические морфологические признаки этой молодой популяции рипуса отличаются рядом особенностей в сравнении с рипусом из озера Увильды и Ладожского озера.

Для рыб из Нижне-Качканарского водохранилища при попарном сравнении одних и тех же признаков с особями двух других популяций отмечено минимальное количество статистически достоверных различий с ладожскими рыбами (52,6%, 10 достоверных разниц из 19 признаков). В сравнении с рипусами из оз. Увильды этот показатель был немного выше – 56,2% (9 из 16 признаков). Наиболее значимо отличались по морфологии особи из Ладоги и оз. Увильды 81,8% (9 из 11 признаков). Следует отметить, что в парах признаков, которые различаются достоверно, меньшие значения признаков, за редким исключением, наблюдаются у рыб Нижне-Качканарского водохранилища. Так, в сравнении с рипусом из оз. Увильды качканарские особи достоверно отличались только большей длиной головы, а относительно ладожских рипусов – большей длиной головы и наименьшей высотой спинного плавника (hD). В большую сторону отличались значения шести признаков у рыб оз. Увильды, 3 признака, характеризующих размер и положение плавников (pD, pA, PV) были больше у рипуса из Ладожского озера.

Особо следует отметить, что рыбы из Нижне-Качканарского водохранилища отличаются наименьшим количеством тычинок на первой жаберной дуге в сравнении с рыбами двух других популяций: 39,03 ± 0,83 (33–46) против 50,33 ± 0,45 и 50,30 ± 0,36. Необходимо указать, что у рыб из озер Увильды и Тургояк в сборах 2010 г. это признак также отличался невысокими значениями и колебался в пределах 36–40 и 33–39 соответственно [10]. Ю.И. Никаноров [12] предлагал выделять по количеству жаберных тычинок 3 группы локальных стад европейской ряпушки: многотычинковых (к ним отнесен ладожский рипус), со средним количеством жаберных тычинок (озера Карелии и Прибалтики) и малотычинковых (среднее значение Spbr 39,27–41,82). К последней группе следует отнести рипуса из Нижне-Качканарского водохранилища. Возможно, уменьшение количества жаберных тычинок на 1-й жаберной дуге является отражением глубоких изменений в образе жизни и характере питания качканарского рипуса. Результаты измерений меристических и пластических признаков рипуса из Нижне-Качканарского водохранилища приведены в таблице.

Сравнительная морфология рипуса Нижне-Качканарского водохранилища

Признак	Нижне-Качканарское водохранилище, (30 экз.)	Коэфф. вариации признака, %	Озеро Увильды, (21 экз.) [9]	Коэфф. вариации признака, %	Ладожское* озеро, (105 экз.) [7]	Коэфф. вариации признака, %	Коэфф. Стьюд. n-51	Коэфф. Стьюд. n-135	Коэфф. Стьюд. n-126
№ выборки	1		2		3		1-2	1-3	2-3
Меристические признаки									
D	8,37 ± 0,30	19,63	**–****	–	8,62 ± 0,05	5,80	–	0,82	–
A	10,67 ± 0,23	11,81	11,93 ± 0,13	4,40	11,33 ± 0,07	6,12	**4,77*****	**2,74**	**4,06**
P	12,40 ± 0,25	11,04	13,42 ± 0,19	5,75	13,87	–	**3,25**	-	–
V	9,17 ± 0,19	11,35	10,07 ± 0,09	3,40	9,17	–	**4,80**	-	–
ll	77,87 ± 0,87	4,47	81,56 ± 1,28	7,18	82,35 ± 0,32	4,60	2,38	**4,83**	0,60
Spbr	39,03 ± 0,83	8,05	50,33 ± 0,45	4,16	50,30 ± 0,36	5,27	**11,97**	**12,46**	0,05
Пластические признаки, в % к длине тела по Смитту									
lD	9,06 ± 0,27	17,06	10,06 ± 0,14	13,78	9,42 ± 0,06	6,35	**3,39**	1,30	**4,20**
hD	15,71 ± 0,37	9,47	15,22	–	14,28 ± 0,09	6,99	–	**3,75**	–
lA	11,50 ± 0,30	10,96	11,69	–	11,30 ± 0,09	7,96	–	0,64	–
hA	9,51 ± 0,29	12,35	10,17 ± 0,18	8,11	9,00 ± 0,06	6,65	1,93	1,72	**6,17**
lP	15,74 ± 0,35	8,81	15,27	–	15,45 ± 0,07	3,88	–	0,81	–
lV	15,63 ± 0,45	11,57	14,60	–	14,56 ± 0,08	5,48	–	2,34	–
H	17,38 ± 0,30	6,91	21,50	–	22,16 ± 0,17	7,20	–	**13,86**	–
h	6,30 ± 0,15	9,82	7,30 ± 0,10	6,27	6,88 ± 0,04	5,81	**5,55**	**3,74**	**3,90**
aD	42,75 ± 0,67	6,27	44,74 ± 0,24	2,46	43,62 ± 0,11	2,54	2,80	1,28	**4,24**
pD	42,08 ± 1,18	11,19	40,93 ± 0,25	2,80	43,01 ± 0,11	2,62	0,95	0,78	**7,62**
pA	14,16 ± 0,48	13,47	13,50 ± 0,14	4,75	14,27 ± 0,09	6,31	1,32	0,22	**4,63**
aV	45,89 ± 0,83	7,28	–	–	47,31	–	–	–	–
aA	68,07 ± 1,05	6,17	–	–	71,04	–	–	–	–
PV	26,04 ± 0,60	9,24	28,39 ± 0,23	3,71	29,50 ± 0,17	5,76	**3,65**	**5,55**	**3,88**
VA	23,34 ± 0,46	7,94	25,18	–	25,45 ± 0,12	5,03	–	**4,34**	–
C	21,44 ± 0,39	7,24	20,13 ± 0,13	2,96	18,72 ± 0,05	2,78	**3,19**	**6,92**	**10,12**

Окончание табл.

Признак	Нижне-Качканарское водохранилище, (30 экз.)	Коэфф. вариации признака, %	Озеро Увильды, (21 экз.) [9]	Коэфф. вариации признака, %	Ладожское* озеро, (105 экз.) [7]	Коэфф. вариации признака, %	Коэфф. Стьюд. n-51	Коэфф. Стьюд. n-135	Коэфф. Стьюд. n-126
№ выборки	1		2		3		1-2	1-3	2-3
В % к длине головы									
HC	64,16 ± 1,71	10,67	64,72 ± 0,64	4,53	70,96	–	0,31	–	–
hC	43,59 ± 0,51	4,66	–	–	50,97 ± 0,26	5,10	–	**12,89**	–
aO	23,23 ± 0,67	11,53	26,60 ± 0,28	4,82	17,51	–	**4,64**	–	–
O	27,15 ± 0,43	6,32	24,50	–	27,03	–	–	–	–
pO	48,36 ± 0,65	5,48	47,43	–	–	–	–	–	–
lm	29,89 ± 0,59	7,91	29,96 ± 0,25	3,82	32,34	–	0,11	–	–
m	11,22 ± 0,26	9,35	9,84	–	9,84	–	–	–	–
l dent	43,87 ± 0,70	6,97	46,90 ± 0,37	3,61	50,64	–	**3,83**	–	–

* По ряду признаков количество обследованных особей колебалось от 98 до 105.
** Прочерки в ячейках указывают на отсутствие необходимых для сравнения статистических данных.
*** Жирным шрифтом выделены значения достоверности различий признаков.

Количество прободенных чешуй в боковой линии (также диагностический признак) у рыб из Нижне-Качканарского водохранилища тоже было существенно меньше, чем в других сравниваемых водоемах. Сравнение коэффициентов вариации морфологических признаков (8 пластических и 3 меристических) общих для трех выборок показало, что в более молодой популяции качканарского рипуса изменчивость морфооблика в среднем была вдвое выше: 10,36% и 5,51–4,90% соответственно.

Относительно особей из оз. Увильды, рипусы из Нижне-Качканарского водохранилища отличаются при большей длине головы существенно меньшей длиной рыла, более короткой нижней челюстью, большим диаметром глаза и относительно широкой верхней челюстью. Выявленные морфологические особенности признаков головы и невысокое количество тычинок на 1-й жаберной дуге могут указывать на более широкий спектр питания рипуса, включая потребление бентосных организмов.

Выполненные исследования подтверждают выводы многих авторов о том, что морфологические различия сформировавшихся локальных популяций (стад) европейской ряпушки проявляются как на пластических признаках, так и на более стабильных – меристических.

Изменчивость экстерьерных признаков обследованных выборок рипуса, несмотря на различия в местоположении водоемов, в целом находится в границах видовой изменчивости. В более молодой и наиболее удаленной от уральских популяций к северу по широте популяции из Нижне-Качканарского водохранилища свойственна большая вариабельность признаков.

Для рыб из качканарской выборки установлены в сравнении с рыбами «прародительских» стад из оз. Увильды и Ладожского озера меньшие значения счетных признаков и ряда пластических, касающихся размеров и положения плавников на теле рыб. Полученные данные в основном соответствуют общим закономерностям.

Для видов-вселенцев, к числу которых можно отнести качканарского рипуса, допустимы изменения морфологии и образа жизни вплоть до образования новых экологических форм по сравнению с исходными популяциями [13]. Предрасположенность к этому процессу прослеживается по результатам изучения биологии и морфологии рипуса из Нижне-Качканарского водохранилища.

Литературные сведения и собственные наблюдения показывают, что для успешной акклиматизации рипуса в новых водоемах обязательными условиями являются наличие глубоководной зоны (от 30 метров), способной обеспечить благоприятный температурный режим и защиту вселенцев от аборигенных видов, включая хищников, а также условия для морфологических изменений, обеспечивающих функциональную адаптацию в новых условиях.

Литература

1. *Дрягин П.А.* Акклиматизация рыб во внутренних водоемах СССР // Известия ВНИОРХ. 1953. – Т. 32. – С. 10–98.

2. *Бурмакин Е.В.* Акклиматизация пресноводных рыб в СССР // Известия ВНИОРХ. – 1963. – Т. 53. – 317 с.

3. *Померанцев Г.П.* Акклиматизация рипуса в озерах Урала и колебание численности его стада // Известия ВНИОРХ. – 1957. – Т. 39. – С. 10-40.

4. *Алеев Ю.Г.* Функциональные основы внешнего строения рыбы. – М.: Изд. АНСССР, 1963. – 248 с.

5. *Злотник Д.В., Боровикова Е.А., Романов В.И.* Морфологические особенности интродуцированной популяции ряпушки (*Coregonus albula* L.) озера Инголь (Красноярский край) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2018. – № 7. – С. 16–27.

6. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. – Л., 1966. – 337 с.

7. *Правдин И.Ф., Голубев Ф.Р., Беляева К.И.* Систематическое положение ладожского рипуса (*Coregonus albula* Linne infraspcies ladogae nova) // Ученые записки ЛГУ. – 1937. – № 15. – С. 216–234.

8. *Алешин Г.В.* Материалы по сигу и ряпушке, акклиматизированным в озерах Урала // Труды УралВНИОРХ. – 1939. – Т. 1.– С. 142–178.

9. *Лопатышкина Г.М.* Морфологические изменения рипуса при его акклиматизации в озерах Урала // Известия ВНИОРХ. – 1957. – Т. 39. – С. 60–72.

10. *Корляков К.А.* Натурализация европейской ряпушки *Coregonus albula* в водоемах Южного Урала // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2014. – № 2. – С. 7–18.

11. *Лугаськов А.В., Силивров С.П.* Сведения по биологии европейской ряпушки *Coregonus albula*, акклиматизированной в Нижне-Качканарском водохранилище (Средний Урал) // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2020. – Т. 7. – № 3 (27) июль. – С. 45–50.

12. *Никаноров Ю.И.* Морфологические особенности локальных стад европейской ряпушки *Coregonus albula* (L) в зависимости от условий обитания // Вопросы ихтиологии. – 1964. – Т. 4, вып. 3 (32). – С. 411–422.

13. Проявление необычных свойств у рыб в новой ситуации на примере ряпушки *Coregonus albula* и корюшки *Osmerus eperlanus* / *Ю.С. Решетников, О.П. Стерлигова, Л.В. Аникеева, И.М. Королёва* // Вопросы ихтиологии. – 2020. – Т. 60, № 3. – С. 352–363.

УДК 639.22/.23(282.256.14)

А.Ю. Лукерин, Е.С. Яковлева, В.И. Щербаков

Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО), Барнаул, 565056
e-mail: lukerin@altai.vniro.ru

АНАЛИЗ ПРОМЫСЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА ИХТИОФАУНУ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ОБИ В ГРАНИЦАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Статья посвящена комплексному изучению уровня промысловой нагрузки на различные виды промысловых рыб на отдельных участках реки Оби в границах Алтайского края. Рассматриваются особенности распределения водных биологических ресурсов, структура вылова и факторы, влияющие на формирование запасов. Исследование основано на анализе данных государственной промысловой статистики за период с 2010 по 2025 годы, представленной отделами рыбоохраны Верхнеобского территориального управления Росрыболовства. Выделяются основные тенденции изменения численности промысловых популяций и влияние географического расположения участков промысла на эффективность рыболовства. Особое внимание уделяется Каменскому участку, лидеру по объему вылова и роли гидрологических особенностей, определяющих различия промысловых зон. Обосновывается необходимость учета региональных особенностей и разработки дифференцированного подхода к управлению запасами водных биоресурсов для устойчивого развития промышленности и сохранения экологической устойчивости. Предлагаются дальнейшие действия по совершенствованию методов оценки промысловой нагрузки и адаптации подходов регулирования рыболовства, направленные на повышение рациональности эксплуатации ресурсов и сохранение биоразнообразия.

Ключевые слова: промышленное рыболовство, река Обь, Алтайский край, промысловая нагрузка, водные биологические ресурсы, динамика вылова, управление запасами.

A.Yu. Lukerin, E.S. Yakovleva, V.I. Shcherbakov

Altai branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (AltaiNIRO), Barnaul, 565056
e-mail: lukerin@altai.vniro.ru

ANALYSIS OF FISHERY PRESSURE ON THE ICHTHYOFAUNA OF VARIOUS SECTIONS OF THE OB RIVER WITHIN THE BOUNDARIES OF THE ALTAI KRAI

This article is devoted to a comprehensive study of the level of fishing pressure on various commercial fish species in specific sections of the Ob River within the boundaries of the Altai Krai. It examines the distribution patterns of aquatic biological resources, the structure of catches, and factors influencing the formation of stocks. The research is based on the analysis of data from state fishery statistics for the period from 2010 to 2025, provided by the fish conservation departments of the Verkhneobsk Territorial Administration of the Federal Agency for Fishery (Rosrybolovstvo). The main trends in the population dynamics of commercial stocks are identified, along with the impact of the geographical location of fishing grounds on fishing efficiency. Particular attention is paid to the Kamensky section, the leader in catch volume, and the role of hydrological features that determine the differences between fishing zones. The necessity of considering regional characteristics and developing a differentiated approach to the management of aquatic biological resource stocks for the sustainable development of the industry and the preservation of ecological sustainability is substantiated. Further actions are proposed to improve methods for assessing fishing pressure and to adapt fisheries management approaches, aimed at increasing the rationality of resource exploitation and conserving biodiversity.

Key words: commercial fishing, Ob River, Altai Krai, fishing pressure, aquatic biological resources, catch dynamics, stock management.

Промышленное рыболовство играет ключевую роль в системе продовольственного обеспечения государства, выступая одним из основных источников животного белка. Данная отрасль представляет собой специфический сектор хозяйствования, ориентированный на эксплуатацию

запасов преимущественно естественных (за исключением аквакультуры) возобновляемых биологических ресурсов. Для организации контроля за рациональным использованием водных биологических ресурсов на водных объектах России осуществляется государственный мониторинг состояния запасов промысловых видов рыб и беспозвоночных и прогнозирование его изменений при различном уровне интенсивности промысла [1]. Для контроля за величиной промышленного изъятия сотрудниками ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» ежегодно разрабатываются объемы допустимых уловов (ОДУ) и объемы рекомендованного вылова (РВ) для видов биоресурсов, в отношении которых ОДУ не устанавливается. ОДУ и РВ выступают ориентирами обоснования и формализации стратегии управления запасом в виде правила регулирования промысла, но имеют разную правовую специфику [2].

В настоящее время в водных объектах Алтайского края отсутствуют виды водных биоресурсов, в отношении которых устанавливается ОДУ [3], в связи с чем весь рыболовный промысел региона ориентируется на объемы РВ. Одним из отличий РВ по сравнению с ОДУ является отсутствие жесткого распределения квот добычи между рыбодобытчиками, а выдача разрешительных документов происходит по заявительному принципу. При этом максимальная величина разрешенного к промыслу объема водных биоресурсов для каждого пользователя ограничивается значением РВ для группы водных объектов (озера, реки, водохранилища) региона (за некоторым исключением). В связи с этим на водном объекте (группе водных объектов) при условии неравномерности распределения запасов может возникать несоответствующий уровень промысловой нагрузки.

Целью данной работы было установить различия в уровне промысловой нагрузки на отдельные виды промысловых рыб на различных участках р. Оби в границах Алтайского края для последующего их применения при планировании программы государственного мониторинга и разработке мер регулирования промысла. В качестве источника данных послужили сведения официальной промысловой статистики, ежегодно предоставляемой Отделом государственного контроля, надзора и охраны водных биоресурсов и среды их обитания по Алтайскому краю и Республике Алтай Верхнеобского территориального управления Росрыболовства за период с 2010 по 2025 гг.

По данным промысловой статистики, на р. Оби в границах Алтайского края за последние пять лет промышленным рыболовством занималось от 8 до 10 рыболовных организаций. До начала 2020-х годов таких организаций насчитывалось всего пять. С 2015 г. промысел рыбы на р. Оби осуществлялся исключительно в границах рыболовных участков, закрепленных за определенными пользователями, в результате чего сложилось условное деление р. Оби на пять условных участков (табл. 1). С 2021 г. образовалось еще несколько мест промышленного вылова рыбы выше по течению р. Оби, а также на одном из основных притоков – р. Бие.

Таблица 1

Распределение условных участков промысла на реке Оби в границах Алтайского края

Наименование участка	Расположение участка
Каменский	р. Обь с протоками в границах Каменского и Шелаболичинского районов
Чумышский	р. Обь с протоками и устье реки Чумыш в границах Тальменского и Павловского районов
Алейский	р. Обь с протоками и устье реки Алей в границах Калманского и Топчихинского районов
Чарышский	р. Обь с протоками и устье реки Чарыш в границах Усть-Пристанского района
Быстро-Истокский	р. Обь с протоками в границах Быстроистокского района*

Примечание. Все районы промысла, образованные после 2020 года выше по течению реки Оби отнесены к Быстроистокскому участку.

Многолетние исследования распределения и состояния рыбных запасов в р. Оби в границах Алтайского края свидетельствуют о выраженной пространственной неравномерности концентрации ихтиомассы. По данным государственного мониторинга рыбопродуктивность р. Оби возрастает по мере удаления от истока в направлении Новосибирского водохранилища. Выявленная неравномерность распределения рыбных запасов отразилась на различиях в фактических объемах вылова рыб на различных участках. Наибольшие объемы вылова ежегодно фиксируются на

Каменском промысловом участке, где в среднем за год добывается более 400 т, что составляет более 70% от общего годового объема вылова (рис. 1).

Лидирующее положение Каменского участка объясняется наибольшей площадью русла реки с протоками и пойменными водоемами, а также близостью Новосибирского водохранилища, являющегося местом концентрации основных рыбных запасов верхнего участка р. Оби, ограниченного плотиной Новосибирской ГЭС [4]. Далее располагаются участки Чумышский и Чарышский, обеспечивающие высокий объем ихтиомассы за счет обилия пойменных водоемов в районе устьев крупных притоков. Наименее продуктивным является Быстро-Истокский участок, обеспечивающий менее 2% (10,5 т) величины общего годового вылова рыб. Столь низкие показатели обусловлены особенностями гидрологического режима данного участка, который более близок к предгорным водотокам как в нижнем течении Бии и Катуни, отличается обилием островов в основном русле и беден на протоки и пойменные водоемы.

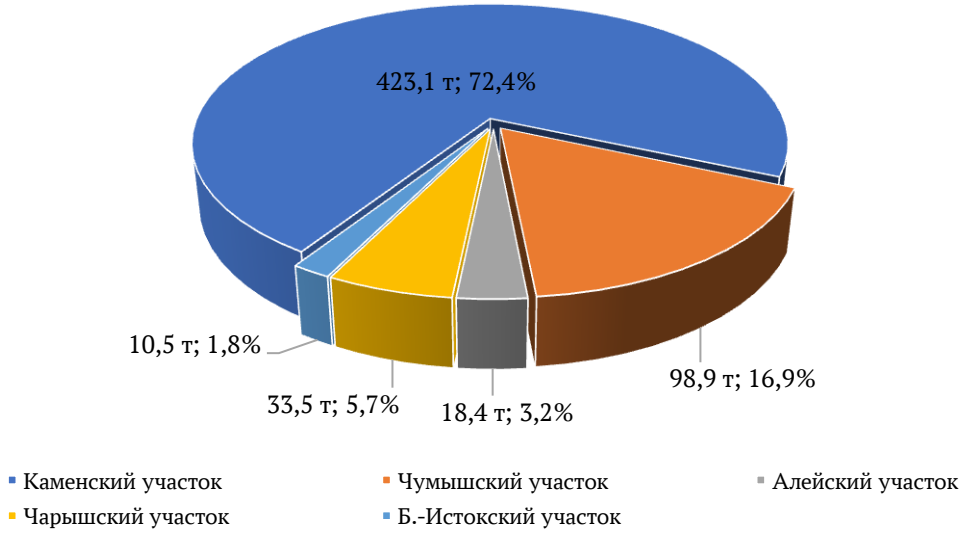


Рис. 1. Среднее годовое распределение объема промышленного вылова рыбы по условным участкам реки Оби, 2021–2025 гг.

Промышленный лов рыб на р. Оби в границах Алтайского края осуществляется преимущественно разноячейными ставными сетями. Исключение составляет Каменский участок, где рыболовная организация применяет также близнецовые невода. Применение сетных орудий лова приводит к селективности промысла как по размерной, так и по видовой характеристике уловов [5]. И если размерная селективность орудий лова, направленная на вылов более крупных особей способствует принципу рационального рыболовства, то видовая селективность может оказывать чрезмерную промысловую нагрузку на локальные стада промысловых рыб и снижать их продуктивность.

Согласно данным, отраженным на рис. 2, лидирующее положение по вылову всех промысловых видов рыб является Каменский участок. Однако основной вылов на данном участке осуществляется в отношении леща, сазана, плотвы и налима. Наименьшую промысловую нагрузку на данном участке испытывают окунь пресноводный (далее окунь), язь и щука.

На Чумышском участке доминирует изъятие щуки и язя (около трети всех выловов данных видов), а также окуня и карася (около четверти). В меньшей степени на данном участке промыслом охвачены лещ и сазан. Чарышский участок занимает третье место по доле вылова большинства массовых видов (окуня, щуки, плотвы, карася), при этом по объемам вылова сазана он располагается на второй позиции. На наименее продуктивном участке вылавливается преимущественно язь, щука, окунь и судак. Вылов сазана на данном участке не осуществляется.

На основании анализа данных, предоставленных Верхнеобским территориальным управлением, превышение величины рекомендованного вылова водных биоресурсов за период с 2022 по 2024 гг. наблюдается по четырем видам рыб, добываемым в р. Оби в границах Алтайского края (табл. 2). По остальным видам водных биоресурсов величина освоения либо не достигала 100%, либо отмечено незначительное превышение в отдельные годы.

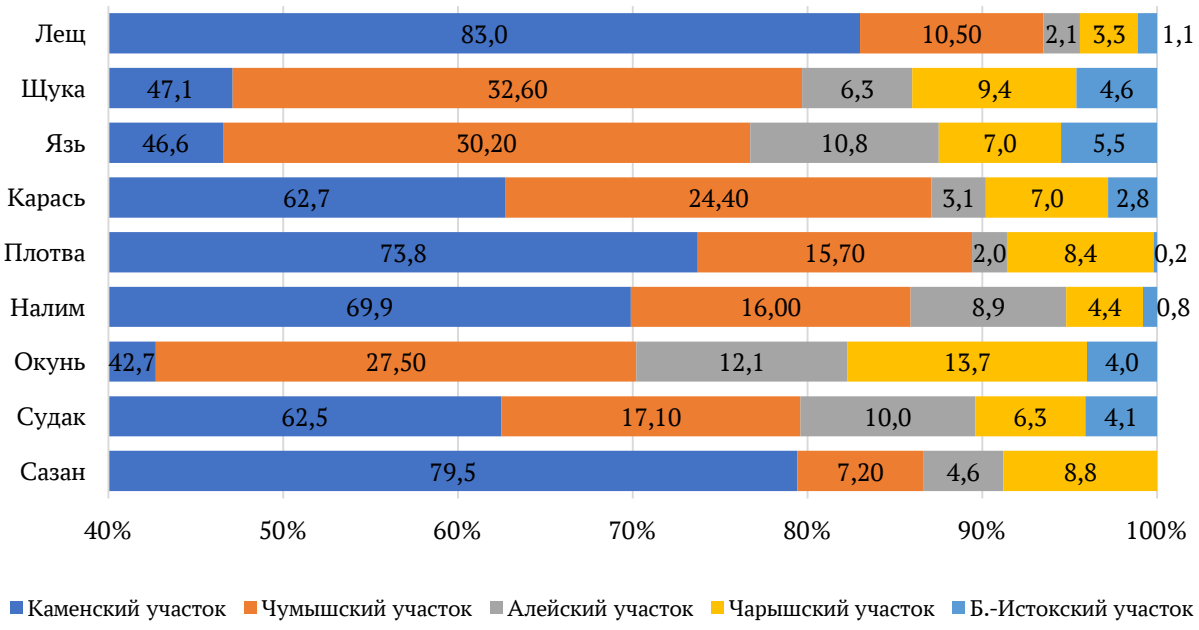


Рис. 2. Среднее многолетнее распределение промысловых видов рыб в уловах на различных участках реки Оби, 2021–2025 гг.

Таблица 2

Результаты анализа величины освоения объемов рекомендованного вылова в реке Оби в границах Алтайского края, 2021–2025 гг.

Год	Показатель	Вид ВБР								
		Сазан	Лещ	Судак	Налим	Щука	Плотва	Карась	Язь	Окунь
2021	РВ, т	11,04	304,19	7,70	4,80	28,62	89,02	161,78	6,71	7,72
	Вылов, т	10,46	192,19	6,94	4,04	27,98	95,71	180,98	7,75	8,03
	Освоение, %	94,75	63,18	90,13	84,17	97,76	**107,52**	**111,87**	**115,50**	**104,02**
2022	РВ, т	15,61	335,10	10,40	5,00	31,90	108,00	171,50	8,30	8,40
	Вылов, т	9,30	271,10	10,30	5,10	38,70	87,00	146,30	8,80	10,30
	Освоение, %	59,58	80,90	99,04	**102,00**	**121,32**	80,56	85,31	**106,02**	**122,62**
2023	РВ, т	29,30	379,20	13,80	5,70	35,80	130,00	185,00	9,50	9,70
	Вылов, т	17,90	240,40	12,70	5,50	48,90	95,60	62,40	11,20	13,50
	Освоение, %	61,09	63,40	92,03	96,49	**136,59**	73,54	33,73	**117,89**	**139,18**
2024	РВ, т	17,51	317,94	11,07	5,58	57,20	121,69	138,72	9,08	11,40
	Вылов, т	14,58	229,99	12,83	3,46	47,46	68,19	82,17	13,12	12,41
	Освоение, %	83,27	72,34	**115,90**	62,01	82,98	56,04	59,23	**144,49**	**108,86**
2025	РВ, т	18,90	276,19	15,74	5,58	59,11	108,35	123,25	11,32	18,49
	Вылов, т	18,56	282,62	12,01	4,01	61,09	92,66	120,76	15,12	13,50
	Освоение, %	98,20	**102,33**	76,30	71,86	**103,35**	85,52	97,98	**133,57**	73,01

В реке Оби в границах Алтайского края частое переосвоение величины рекомендованного вылова свойственно для судака, щуки, язя и окуня пресноводного. Доля данных видов рыб в промысловых уловах незначительна: от 2,1 до 8,6%, а промысел не требует специализированного подхода. В связи с этим данные виды по окончании установленного объема вылова вылавливаются в качестве прилова в объеме не более 10% от вылова за одну операцию [6].

Также стоит обратить внимание на сезонное распределение вылова данных видов рыб. По всем четырем рассматриваемым видам наиболее интенсивный промысел приходится на осенне-зимний период. В период с сентября по ноябрь вылавливается около 70% от общей величины годового изъятия данных видов. При этом количество организаций, осуществляющих промышленный лов рыбы на р. Оби в осенний период, также возрастает (рис. 3). Если в среднем на середину года промысел рыбы осуществляют 5–6 организаций, то в осенний период их количество увеличивается до 7–10.

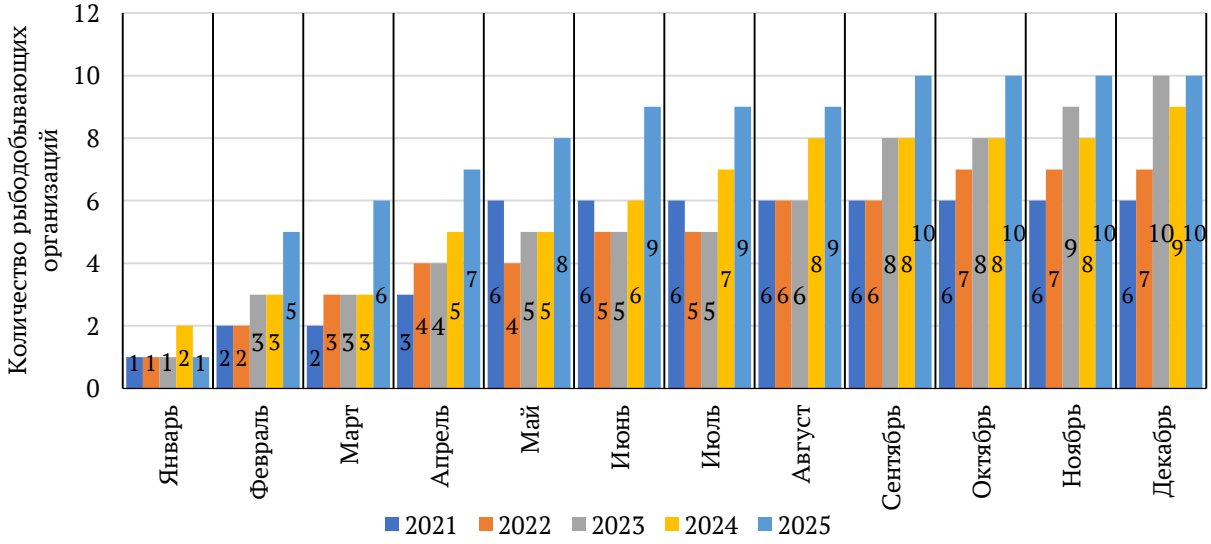


Рис. 3. Сезонная динамика количества рыболовных организаций, начавших промысел на реке Оби в границах Алтайского края, 2021–2025 гг.

Таким образом, результаты анализа данных официальной промысловой статистики по вылову рыб на различных участках р. Оби в границах Алтайского края свидетельствуют о неравномерной промысловой нагрузке на промысловый запас. При этом по ряду видов наблюдается регулярное превышение установленной величины РВ. Чтобы установить, является ли данная неравномерность следствием особенностей естественного распределения промысловых стад [7], либо результатом целенаправленного ориентирования промысла на конкретные виды, специалисты Алтайского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО) в последние годы проводят расширенные исследования рыбных запасов: изучают морфометрические особенности, половые и возрастные структуры предполагаемых стад, условия среды обитания. Накопленный объем данных поможет провести более точную оценку условий формирования промысловых запасов основных видов рыб и более оптимально регулировать промысловую нагрузку.

Литература

1. *Гончаров С.М.* Гидроакустические съемки как средство мониторинга состояния запасов пелагических рыб на акваториях Черноморского бассейна // Труды ВНИРО. – 2013. – Т. 150. – С. 128–133.

2. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов: Федеральный закон от 20 декабря 2004 г. № 166 ФЗ (с изменениями и дополнениями).

3. Перечень видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов водных биологических ресурсов: Приложение к приказу Минсельхоза России от 08.09.2021 № 618.

4. Рыбные ресурсы Новосибирской области: современное состояние промысла / *А.Л. Абрамов, А.А. Ростовцев, В.Ф. Зайцев и др.* // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – Т. 17, № 2 (205). – С. 76–87.

5. Некоторые результаты изучения селективности сетных орудий лова / *Ю.Б. Гребенщиков, А.В. Мельников, В.Н. Мельников* // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2014. – № 1. – С. 29–34.

6. Правила рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна: Приложение к приказу Минсельхоза России от 30 октября 2020 г. № 646 «Об утверждении правил рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна» (с изменениями и дополнениями от 8 сентября 2021 г., 21 февраля 2022 г., 22 ноября 2023 г., 25 июня 2024 г.).

7. *Малкин Е.М.* Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 146 с.

УДК 639.2.052(517.15)

Г.В. Лукерина, Т.О. Ронжина, Д.А. Сурков, В.И. Щербаков

Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО), Барнаул, 656056
e-mail: lukerina@altai.vniro.ru

СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Промысловые беспозвоночные (хирономиды, гаммариды, артемия (на стадии цист)) добываются во многих регионах России и обеспечивают потребности как внутреннего рынка, так и внешнего. Короткий жизненный цикл объектов промысла обеспечивает их ежегодное воспроизводство, но и привносит риски в долгосрочное прогнозирование объемов рекомендованного вылова. Изменение условий обитания находит быстрый отклик в численных и продукционных показателях короткоцикловых организмов. Лимитирующий фактор для перечисленных беспозвоночных во всех регионах страны – соленость воды. На территории Алтайского края за последние годы (2021–2025 гг.) проводилась стабильная добыча беспозвоночных – хирономид в объеме порядка 20 т, гаммарид – в среднем 163 т, артемии (на стадии цист) – в среднем 1 040 т. Продуктивность озер в крае достаточно высокая и находится на уровне соседних субъектов. Одним из факторов, определяющих объем рекомендованного вылова (РВ) в регионе, является количество промысловых озер. Если в Алтайском крае расположены наиболее крупные по площади гипергалинные озера, обеспечивающие лидирующее положение по запасу и вылову артемии (на стадии цист), то среди солоноватых к промысловым относится не более 10 водоемов.

Ключевые слова: промысловые беспозвоночные, вылов (добыча), рекомендованный вылов, артемия (на стадии цист), гаммариды, хирономиды.

G.V. Lukerina, T.O. Ronzhina, D.A. Surkov, V.I. Shcherbakov

Altai branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (AltaiNIRO), Barnaul, 656056
e-mail: lukerina@altai.vniro.ru

STATUS OF INVERTEBRATE FISHERY IN ALTAI KRAI

Commercial invertebrates (Chironomidae, Gammaridae, Artemia (at the stage of cysts)) are caught in many regions of Russia and meet the needs of the domestic and foreign markets. The short life cycle of these species ensures their annual reproduction, but also poses risks to long-term forecasting of recommended catch volumes. Changes in habitat conditions have a rapid impact on the numerical and productive indicators of these short-cycle organisms. The limiting factor for these invertebrates in all regions of the country is water salinity. In recent years (2021–2025), the Altai Krai has seen stable production of invertebrates, including Chironomidae in the amount of approximately 20 tons, Gammaridae in the amount of an average of 163 tons, and Artemia (at the stage of cysts) in the amount of an average of 1 040 tons. The productivity of lakes in the region is quite high and comparable to neighboring regions. One of the factors that determine the volume of renewable resources in the region is the number of commercial lakes. While the Altai Krai is home to the largest hyperhaline lakes, which provide a leading position in the stock and catch of Artemia (at the stage of cysts), only 10 saline lakes are considered commercial.

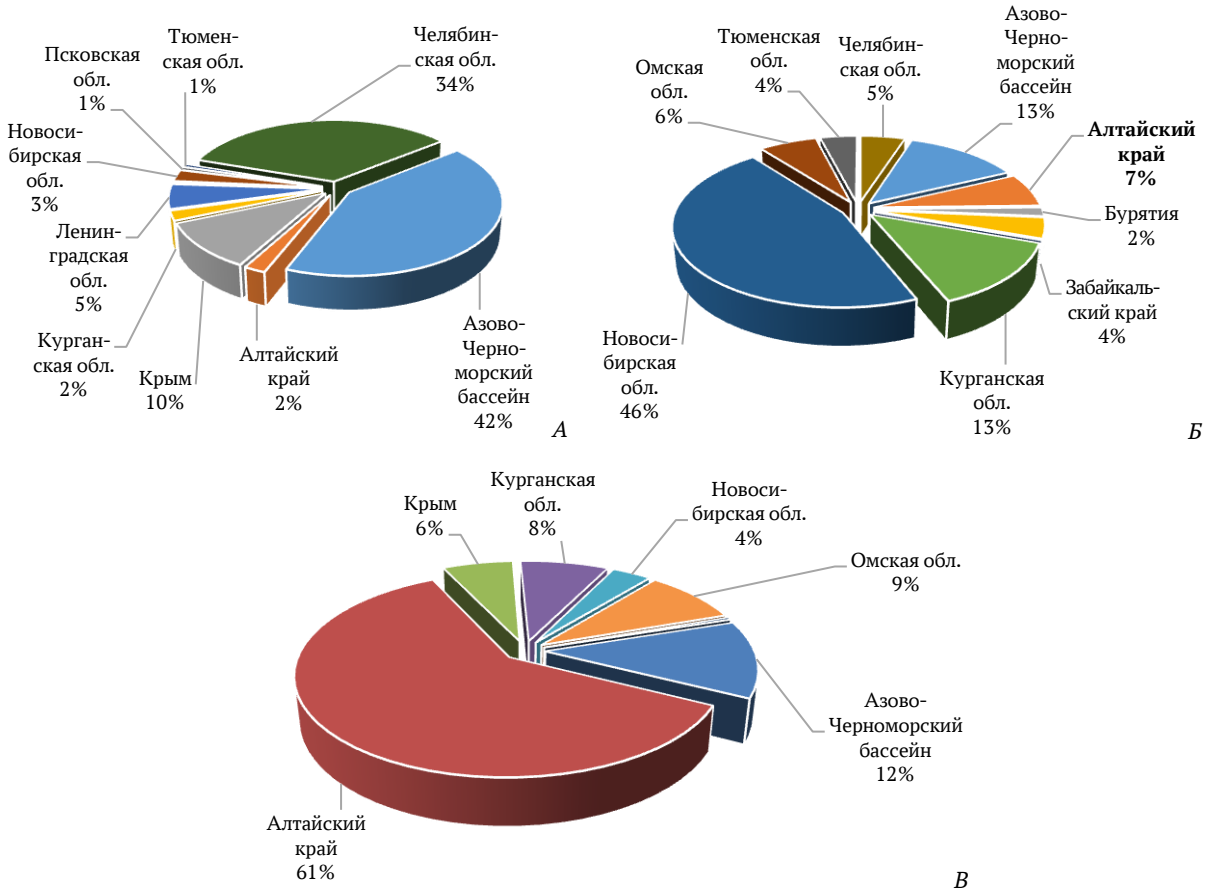
Key words: commercial invertebrates, catching, recommended catch volume, Artemia cysts, Gammaridae, Chironomidae.

Водные биологические ресурсы – важная составляющая социально-экономического развития страны, рациональное использование биоресурсов обеспечивает продовольственные потребности населения и их возобновление на протяжении длительного времени. Короткоцикловые беспозвоночные, наряду с рыбной продукцией, являются объектами промышленного рыболовства, которое в большей степени приурочено ко внутренним водоемам России. Состояние запасов

и промысел беспозвоночных обусловлены факторами внешней среды, а также особенностями их жизненного цикла [1]. К наиболее распространенным в регионах России видам промысловых беспозвоночных можно отнести хирономид (Chironomidae), гаммарид (виды рода *Gammarus, Pontogammarus, Amathillina, Cardiophilus, Melita, Dikeragammarus*), а также ценный биоресурс – артемию (на стадии цист) (виды рода *Artemia*) [1–11]. Учитывая разнообразие внутренних водоемов, а также климатические особенности в разных регионах России, продуктивность водоемов и объемы рекомендованного вылова колеблются в широких пределах.

Для оценки состояния промышленного рыболовства в отношении беспозвоночных в водных объектах Алтайского края, а также продуктивности озер по сравнению с другими регионами России были использованы официальные Объявления о подготовке и заключении договоров пользования водными биологическими ресурсами, общий допустимый улов которых не устанавливается, размещенные на сайте Росрыболовства за 2023–2026 гг. [12]. Состояние запасов беспозвоночных и продуктивность промысловых озер Алтайского края оценены по результатам мониторинговых исследований в рамках выполнения государственного задания в зоне ответственности АлтайНИРО. Продуктивность озер других регионов России взята из научных публикаций [1–12].

В исследованиях состояния запаса и прогнозирования РВ беспозвоночных отмечается высокая вариабельность продуктивности водоемов, что обусловлено быстрыми изменениями численности и биомассы хирономид, гаммарид и артемии даже в течение одного года. Так, биомасса хирономид в водоемах одного региона может колебаться от 2,2 до 123,0 г/м² (Крым) [2]. В регионах с наибольшими объемами РВ хирономид (Азово-Черноморский бассейн, Челябинская и Курганская области) их биомасса находится в пределах 6,0–25,0 г/м² [2, 4]. В Алтайском крае сосредоточено порядка 2% (2023–2026 гг. – 42,3 т) от общего по России РВ хирономид (2023–2026 гг. – 2 111,06 т) (рисунок). Биомасса по водоемам Алтайского края колеблется от 2,1 до 18,6 г/м² [6], что сопоставимо с другими регионами. Решающим фактором в объемах прогноза промыслового запаса в крае является количество промысловых озер, которое составляет 4–7 [1, 6].



Удельный объем РВ в среднем за 2023–2026 гг. по регионам России:
А – хирономиды; Б – гаммариды; В – артемия (на стадии цист)

Объем РВ гаммарид по регионам России в 2023–2026 гг. составлял от 1 532,056 до 5 247,054 т, в среднем 3 039,824 т. На водоемы Алтайского края приходится от 3,2 до 11,5%, в среднем 7% (см. рис.). За последние годы наблюдается снижение объемов РВ, в наибольшей степени в Омской и Новосибирской областях (с 587 до 77 т и с 2 949,8 до 459,7 т соответственно). Возможным объяснением, наряду с естественными факторами, может быть изменение подходов к оценке запасов гаммарид и проведением научных исследований в направлении усовершенствования орудий отбора проб в последние годы [9, 11]. Продуктивность «гаммаридных» озер оценивается в пределах 37,0–498,0 кг/га [4, 8–10]. Биомасса гаммарид в озерах Алтайского края также довольно высокая (50–339 кг/га). Состояние запасов бокоплавов обусловлено соленостью озер, а также наличием хищников. Кроме того, если на территории Алтайского края к промысловым водоемам относят 5–7 озер [1], то в Новосибирской области – порядка 200 водоемов [10], что объясняет значительный вклад солоноватых озер этого региона в общий объем РВ гаммарид России (46%).

Гипергалинные озера Алтайского края – бесспорные лидеры по запасам и объемам вылова артемии (на стадии цист). Средний по России объем РВ цист артемии в 2023–2026 гг. составляет 3 295,92 т, из них на озера Алтайского края приходится 1 993,55 т (61%) (см. рис.). На территории края расположены самые крупные гипергалинные водоемы: Кулундинское, Кучукское, Большое Яровое, Малое Яровое, которые отличаются относительно стабильными условиями среды обитания и обеспечивают ежегодное воспроизводство ценного биоресурса [1]. Известно, что в большинстве озер популяции артемии развиваются в монокультуре и могут достигать значительных показателей биомассы. Для малых озер характерна большая продукция цист (54,4–386,6 кг/га) с высокой изменчивостью в межгодовом аспекте. В крупных озерах продукция не достигает таких значений, но отличается меньшей флуктуацией (29,3–62,35 кг/га) [1, 13].

Промысловые беспозвоночные востребованы во многих регионах России, что увеличивает необходимость рационального природопользования и совершенствования методов оценки их запасов. На территории Алтайского края расположен значительный фонд озер, различных по гидрохимическому режиму, что позволяет проводить научные исследования как в области экологических особенностей промысловых беспозвоночных, так и рассчитывать рекомендованные к изъятию объемы ценных биоресурсов: хирономид, гаммарид, артемии (на стадии цист), а также планктонных ракообразных (ветвистоусых и веслоногих) и хаоборид. Относительно небольшое число промысловых озер (солоноватых и гипергалинных) на территории края позволяют проводить на каждом из них ежегодные исследования и использовать в качестве модельных для разработки новых подходов к оценке пространственного распределения беспозвоночных, их численности и биомассы, продукционных показателей, а также сезонных и межгодовых изменений под влиянием внешних факторов. За последние пять лет (2021–2025 гг.) в Алтайском крае проводится стабильный промысел хирономид на уровне 20 т (освоение РВ от 32 до 85%), гаммарид – в среднем 163 т (освоение РВ 78 %), артемии (на стадии цист) – 1 040 т (освоение РВ 60%).

Литература

1. *Лукерина Г.В., Мазникова О.А.* Современное состояние запасов и промысла короткоцикловых беспозвоночных в водоемах Алтайского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – № 1 (192). С. 52–61. DOI: 10.33920/sel-09-2201-04

2. *Литвиненко Н.М., Шляхов В.А.* Состояние запасов личинок хирономид (комаров-звонцов) во внутренних соленых водоемах Крыма // Труды ЮгНИРО. – 2011. – Т. 49. – С. 84–90.

3. *Чечулина Н.В., Ялковский С.В.* Межгодовая и сезонная динамика запасов хирономид на водоемах Южного Урала в 2015–2020 гг. // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление (Петропавловск-Камчатский, 3-6 октября 2017): Материалы. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 2022. С. 37–40.

4. *Чечулина Н.В., Ялковский С.В.* О методических подходах к расчету рекомендованного вылова гаммарид на примере водоемов Южного Урала // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов (Москва, 23-24 ноября 2023): Тезисы / ФАР, ФГБНУ «ВНИРО». – М.: Изд-во ВНИРО, 2023. – С. 151–154.

5. *Зуев Ю.А., Шацкий А.В.* Особенности распределения личинок хирономид в озерах Ленинградской области // Промысловые беспозвоночные (Керчь, 30 сентября - 02 октября 2020): Материалы. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2020. – С. 122–126.

6. *Ронжина Т.О., Сурков Д.А.* Современное состояние запасов хирономид в водоемах Алтайского края в 2023 году // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2024. – № 12. – С. 850–861. DOI: 10.33920/sel-09-2411-02.

7. Современное состояние запасов гаммарид в водоемах Алтайского края в 2022–2023 годах / *Т.О. Ронжина, Д.А. Сурков, Я.С. Пяткова, Г.Д. Толкушкина* // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2024. – № 7. – С. 452–463. DOI: 10.33920/sel-09-2407-02.

8. Промысел и состояние запасов гаммарид в озерах Курганской области в 2000–2022 годах / *С.Э. Френкель, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов, А.В. Митителло* // Рыбное хозяйство. – 2023. – № 6. – С. 103–109. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-103-109 EDN migqyt.

9. Методические подходы к расчету рекомендованного вылова гаммарид *Gammarus lacustris* (G.O. Sars, 1864) во внутренних водоемах / *С.Э. Френкель, А.В. Митителло, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов, Л.Ф. Разова* // Рыбное хозяйство. – 2024. – № 6. – С. 54–62. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-6-54-62.

10. *Визер Л.С., Литош Т.А., Кабиев Т.А.* Продуктивность гаммаридных озер Новосибирской области (Новосибирск, 27–29 ноября 2019): Материалы / НГАУ, Национальный исследовательский ТГУ, Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО». – Новосибирск: НГАУ, 2019. – С. 190–193.

11. *Ронжина Т.О., Френкель С.Э., Сурков Д.А.* Применение различных орудий лова при отборе проб гаммарид в водоемах Алтайского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2025. – № 9.– С. 626–640. DOI: 10.33920/sel-09-2509-02.

12. Объявления о подготовке и заключении договоров пользования водными биологическими ресурсами, общий допустимый улов которых не устанавливается [Электронный ресурс]. – URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения: 25.12.2025).

13. Артемия в водоемах России (биология, экология и практическое использование) / *Л.И. Литвиненко, М.А. Корентович, Е.Г. Бойко, А.И. Литвиненко, П.А. Зенкович*. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2025. – 362 с.

УДК [594.3+594.1](470.26)

Д.В. Манаков

Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО), Калининград, 236022
e-mail: manakov@atlant.vniro.ru; echo_tc2@rambler.ru

МАЛАКОФАУНА РЕКИ ЛАВЫ У ГОРОДА ПРАВДИНСКА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ)

В работе дана предварительная характеристика качественного (видового) и количественного (численности) состава моллюсков «средней» региональной реки Лавы у города Правдинска Калининградской области. Приведена характеристика живых поселений малакофауны по результатам визуальных учетов, отбора их проб гидробиологическим сачком на стандартных квадратных площадках в прибрежье, а также то же самое для скоплений раковин (танатоценозов) в поверхностных донных отложениях реки. Полученные данные в 2023–2024 гг. сопоставляются с таковыми предыдущих исследований на российской и польской части русла Лавы и других рек региона. Наши сведения подтверждают историческое сходство видового состава моллюсков Лавы с другими региональными реками, а также выявляют большие различия в количественном развитии отдельных видов в зависимости от гидрологических и других локальных условий биотопа «средних рек региона».

Ключевые слова: река Лава, город Правдинск, ГЭС-3, Калининградская область, малакофауна, моллюски, танатоценозы, раковины моллюсков, видовой состав, численность.

D.V. Manakov

Atlantic branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (AtlantNIRO), Kaliningrad, 236022
e-mail: manakov@atlant.vniro.ru; echo_tc2@rambler.ru

MALACOFAUNA OF THE LAVA RIVER NEAR THE PRAVDINSK TOWN IN KALININGRAD REGION (RUSSIA)

The paper provides a preliminary description of the qualitative (species) and quantitative (abundance) composition of mollusks settlements of the “middle-sized” regional Lava River near the Pravdinsk town, Kaliningrad region (Russia). The characteristics of living mollusks settlements are given based on the results of visual 2023–2024 surveys, sampling with a hydrobiological hand-net on in the coastal area of river. As well as the same characteristics were given for accumulations of shells (thanatocoenoses) in the surface bottom sediments of the river. Our data were compared with those of previous studies on the Russian and Polish parts of the Lava and other rivers of the region. Obtained data confirm the historical similarity of the species composition of the Lava River mollusks, including with other regional rivers, and also reveal large differences in the quantitative development of individual species depending on the hydrological and other local conditions of the biotope of the “middle-sized” rivers of the region.

Key words: Lava River, Pravdinsk town, hydroelectric power station № 3, Kaliningrad region, malacofauna, mollusks, thanatocoenoses, shells, species composition, abundance.

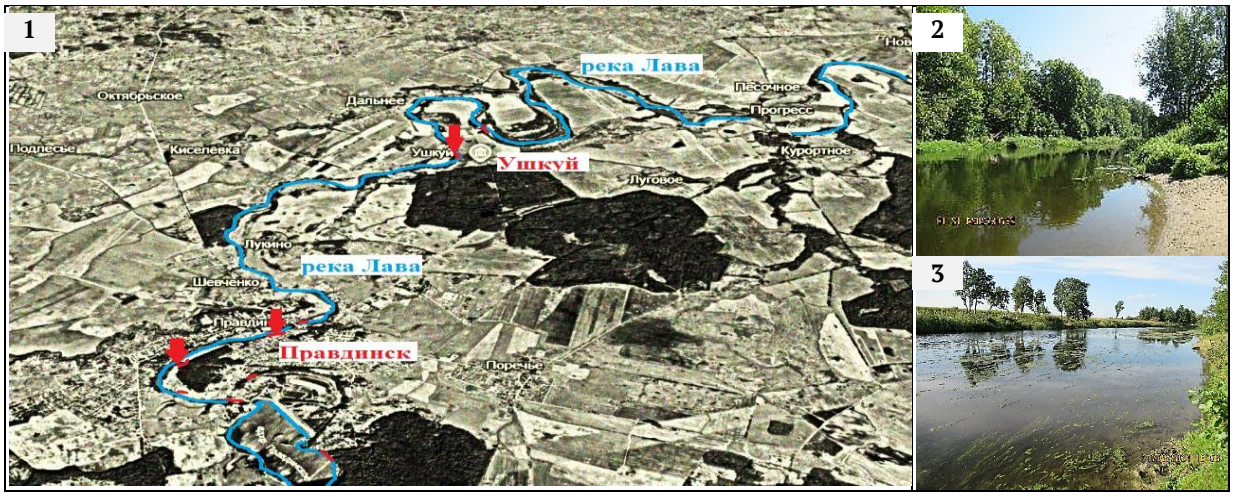
Пресноводные моллюски – водные биологические ресурсы (ВБР), которые служат не только средообразующим фактором как фильтрующие и осветляющие воду двустворчатые, но и кормовой базой рыб и птиц моллюскофагов в целом. Через моллюсков, главным образом – брюхоногих улиток, замыкают свои жизненные циклы возбудители разнообразных паразитозов, в том числе опасных и значимых для человека, аквакультуры, рыболовства, сельского хозяйства.

Моллюски и их раковины, как концентраторы загрязняющих веществ, могут выступать «био-гео-архивами» среды обитания при анализе их биомассы и дериватов этих животных аналитическими методами. Однако их численность/биомасса и видовой состав могут указывать

лишь на тип, специфику водоема (например, отличие рек от озер и пересыхающих водоемов) и плохо пригодны для оценки степени загрязнения водоема коммунально-бытовыми сточными водами, т. е. для установления сапробности. Почти все калининградские моллюски предпочитают умеренно загрязненную воду или ß-мезосапробы. Также эти животные устойчивы к химическому загрязнению воды. Они (отложения раковин) – хороший индикатор общей природной обстановки рецентных и палеоэкосистем, т. е. данные о них – инструмент зоогеографических, палеонтологических и специальных тафономических исследований.

Локальные малакоценозы «средних» рек Калининградской области в 2025 г. остаются плохо изученными. Моллюски (видовой состав, численность и биомасса отдельных видов, специфика их распределения по руслу рек) остаются не охарактеризованными и нуждаются в мониторинге как его части для ВБР в регионе. Не ясны причины распространения некоторых трематодозов рыб, в т. ч. Правдинского водохранилища [1]. Полученные данные о моллюсках этого водохранилища нуждаются в уточнении и проверке. Все это обосновывает актуальность малакологического изучения рек Калининградской области, в дополнение к уже существующим работам [2–19].

Река Лава (приток Преголи) – трансграничный водоток (рисунок), вытекающий из Мазурского поозерья в Варминско-Мазурском воеводстве Польши (Балтийская ледниковая гряда). Это «средняя», зарегулированная региональная река с выраженным течением, гравийно-галечными перекатами, отличная от наших слабопроточных областных низинных каналов и быстрых малых рек возвышенностей Калининградской области, которую можно сопоставить с такими местными водотоками «второго порядка», как реки Анграпа, нижняя Писса, Шешупе и даже с Инстручем, низовьями р. Красной (этот вывод сделан автором по результатам сплавов по рекам в 2008–2015 гг.). Лава (польск. Лына/ Łyna) протекает через три польских города (в т. ч. Ольштын), российский Правдинск (Правдинское водохранилище, ГЭС-3) и поселок Знаменск (устье). В пос. Курортное (19 км ниже Правдинска) находится не функционирующая ГЭС-4 (плотина спущенного водохранилища). В Знаменске есть еще «подпорная» плотина и недействующие судопропускные сооружения к Мазурскому каналу до Больших Мазурских озер в Польше, который ответвляется от Лавы в пос. Дружба (этот канал не функционирует). У реки есть немногочисленные и сильно заболоченные пойменные старицы, а также придаточные водоемы.



Река Лава около города Правдинска (Калининградская область, Россия)
(оригинальный рисунок на основе ресурсов Google, фото реки сделаны автором)
1 – схема реки около и ниже города Правдинска, 2 – вид на реку Лаву в Правдинске (ж/д мост);
3 – вид на реку в районе историко-реконструкторского парка (городища) «Ушкуй»

«Цифровой след реки в интернете обширен и разнопланов» (*цит. автора*), т. к. на ее водосборе ведутся длительные изыскательские работы, в особенности в Польше. В 1970–1980-х гг. Лына активно изучалась польскими гидробиологами (видовой состав бентоса гравийно-галечных перекатов) и признавалась одной из самых загрязненных «польских провинциальных речек» [17–19]. В Калининградской области были изучены ихтиофауна, планктон и бентос водохранилищ Лавы [2, 5, 9, 10], некоторые паразитозы рыб Правдинского водохранилища [1], а само

русло реки ниже плотин было изучено недостаточно. Эту ситуацию следует исправить, а также «обновить» сумму знаний о малакофауне реки более подробными и собственными исследованиями [7].

В зависимости от специфики гидрологических условий в Лаве распределяется водная растительность, грунт, а также малакофауна, и реку можно зонировать: 1) Правдинское водохранилище (ГЭС-3); 2) участок с гравийно-галечными и каменистыми перекатами, заиленным песчаным и ракушечным руслом ниже ГЭС Правдинска (заросший и заболоченный сбросной канал ГЭС рассматривать отдельно); 3) приглубая зона заиливания реки у плотины в поселке Курортное, зона подпора начинается за поворотом русла от Ушкуя; 4) среднее течение российской части реки с перекатами, песчаными отмелями, оборудованное для судоходства; 5) нижнее течение реки, приглубое, полноводное, с песчано-илистым дном (моллюсков мало), запруженное плотиной в Знаменске; 6) устьевая часть реки, связанная с Преголей в Знаменске (ниже плотины); 7) Мазурский канал. Таксоцены моллюсков этих участков следует изучать отдельно и сравнить между собой и объяснить возможные различия.

Цель работы: дать вступительную характеристику видового разнообразия моллюсков и их количественного развития (численность), а также танатоценозов (скоплений раковин) в русле и водохранилищах Лавы в районе и ниже города Правдинска. Задачи: 1) установить видовой состав живых поселений моллюсков реки; 2) установить количественное развитие поселений моллюсков и закономерностей их распределения в русле; 3) дать качественную и количественную характеристику отложений раковин в реке с обязательным обнаружением редких единичных находок моллюсков, нуждающихся в охране; 4) сравнить полученные результаты с таковыми польских и отечественных исследований (обобщить) о р. Лаве и других «средних» реках, выявить сходство и отличия локальных малакофаун рек региона.

В 2024 г. исследован участок реки в Правдинске, примыкающий к ГЭС-3 (24–28.08.2024) выше (городской пляж) и ниже плотины, а также русло у правого берега близ трех городских мостов (пометки красного цвета на рисунке). 09.09.2023 сборы проводили у городища «Ушкуй» (6 км ниже по течению от Правдинска). Осматривая мелководья, отбирали раковины и живых моллюсков на площадках в 1 кв. м на глубинах до 1 м вручную, а также с использованием гидробиологического сачка с сеткой 1 мм. Тотальные сборы скоплений раковин моллюсков и отдельно мелкую фракцию «танатоценозов», полученные ситовым методом, сушили, разбирали для определения видового состава моллюсков тафономическими методами. Живые особи учитывали на стандартных площадках, осматривали мелководья с ручным сбором, сачком. Большая часть живых моллюсков была выпущена обратно в реку. Особей моллюсков Красной книги Калининградской области обнаружено не было, попадались лишь их пустые раковины. Использовали обширную подборку отечественных и европейских определителей, систематика дана по MolluscaBase (2025 г.).

Всего обнаружено 27 видов моллюсков (в т. ч. 8 видов двустворчатых). Танатоценозы (отложения раковин) у мостов в Правдинске состоят: из двустворчатых – *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (россыпи в массе, до 90–95% всех раковин, численность (*N*) ≈ 1–7 тыс. экз. на м^2); *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) (*N* ≈ до 50–100); малочисленны *A. cygnea* (Linnaeus, 1758) (*N* ≈ 1–3), *Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818) (*N* ≈ 1–8); единично *Unio crassus* Philipsson, 1788 (возможно вид обитает на перекатах Лавы ниже плотин), *U. tumidus* Philipsson, 1788, *U. pictorum* (Linnaeus, 1758); также стабильно обнаруживались *Pisidium* spp. (*N* ≈ 1–15), отличимые от *Pisidium amnicum* (Müller, 1774) (не обнаружен). Из брюхоногих: преобладали *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) (*N* ≈ 1–5), *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) (*N* ≈ 1–10), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) (*N* ≈ 1–5); единично – *Viv. contectus* (Millet, 1813), *Valvata piscinalis* (O. F. Müller, 1774), *V. cristata* O. F. Müller, 1774, *Stagnicola palustris* (O. F. Müller, 1774), *St. corvus* (Gmelin, 1791), *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758), *Ampullaceana balthica* (Linnaeus, 1758), *Amp. ampla* (W. Hartmann, 1821), *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758), *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758), *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758), *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758), *Bathyomphalus contortus* (Linnaeus, 1758), *Gyraulus albus* (O. F. Müller, 1774), *Ancylus fluviatilis* O. F. Müller, 1774. Не обнаружен раковинами и живым в Лаве в 2023–2024 гг.: *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828) (литоглиф), однако он длительно обитает в Преголе от Черняховска до Гвардейска, в т. ч. в Знаменске с начала XX в.

В Правдинском водохранилище живые моллюски состоят из многочисленных колоний *D. polymorpha,* вплоть до образования сплошного покрова на дне из ее щеток у берега (численность не оценивали, очень много), отмечены также *V. viviparus*, *Th. fluviatilis* (*N* ≈ 1–15), встречаются единично *A. anatina*, *U. tumidus* – оба вида обросшие дрейссеной, фитофильные виды *Pl. corneus*, *P. planorbis*, *A. vortex*, *L. stagnalis* и др. У городских мостов в реке присутствует только молодь дрейссены на крупных пустых створках *A. anatina* (до макс. 20–30 ювенильных экз/створка), преобладающие брюхоногие моллюски те же, что и в водохранилище. В реке в черте города найдены только молодые живые экземпляры *A. anatina*. На пляже Ушкуя (близ прудов) моллюски те же, за исключением отсутствия живых щеток дрейссены и с преобладанием живых *A. anatina* (*N* ≈ 1–8). У плотины в пос. Курортное (9 км ниже мостов Правдинска) живых моллюсков становится больше – в основном *V. viviparus,* а также фитофильных прудовиков, таких как *L. stagnalis* и вышеуказанных видов двустворчатых. Значительного разнообразия и обилия Pisidiidae на обследованном участке реки не отмечено, возможно, это результат выедания рыбами (многочисленна молодь), а также следствие невысокого качества воды (стоки Правдинска) и эпизодического пересыхания мелководий.

Очевидно, осмотренные отмели и мелководья реки восстанавливаются после замора малакофауны в предыдущие годы, ранее сгубившего унионидово-дрейссеновые поселения в русле из-за не ясных нам причин и не затронувшего Правдинское водохранилище, участок запруживания реки выше ГЭС-4 в Курортном. На отмелях Правдинска брюхоногие с короткой продолжительностью жизни восстановили численность после замора первыми, как и молодые колонии дрейссены, долгоживущие двустворчатые моллюски представлены молодыми экземплярами. Единичные находки раковин в танатоценозах и некоторые живые моллюски единичными экземплярами – это характерный «фон», присущий всем водоемам Калининградской области, т. е. следствие форезии.

По исследованиям р. Лыны 1970–80-х гг. в Польше видовой состав моллюсков тот же, что и обнаруженный нами в 2024–2023 гг., однако в Польше найдены *Borysthenia naticina* (Menke, 1845), *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823), *P. amnicum*, *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758), *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758) и преобладали по численности *V. piscinalis*, *G. albus* и *Amp. balthica*.

Отечественные исследования 1980–2010 гг. [9–12] о реке свидетельствуют о значительном историческом количественном развитии моллюсков в ней [9], а также полном совпадении наших данных видового состава моллюсков с таковыми о Правдинском водохранилище [11], где обнаружены разнообразные шаровки и горошинки, в т. ч. виды свойственные равнинным рекам низменностей. Это водохранилище нужно изучить подробнее.

Литоглиф, вероятно, обитает или обитал в водохранилище ГЭС-3, однако его нужно обнаружить заново (подтвердить наличие новыми сборами), т. к. через его поселения передаются значимые паразитозы рыб, присущие ихтиофауне Лавы и водохранилищ этой реки.

Моллюски «средней» р. Лавы из-за ее проточности, зарегулированности и относительно высокой кормности воды существенно отличаются количественно (численностью) в большую сторону по сравнению с другими такими же незарегулированными реками (участками рек) региона, однако качественных отличий в видовом составе не обнаружено, за исключением отсутствия в русле Лавы обыкновенного литоглифа, типичного для низинных рек-каналов, таких как Преголя. В Лаве развиты дрейссеновые поселения благодаря водохранилищам, что обычно не свойственно нашим незарегулированным средним рекам, в ней несущественно развиты шаровки и горошинки (предварительно), которые являются обычным компонентом наиболее нетронутых малых рек возвышенностей Калининградской области (пример р. Русская). Вероятно, обитание овальной перловицы на перекатах ниже плотин в этой реке, что требует дополнительной проверки. Малакофауна реки – смесь типичных речных видов и видов постоянных водоемов, в прибрежном тростниковом поясе и старицах реки возможно обитание видов пересыхающих болот. Река благоприятна для обитания рыб и птиц моллюскофагов, особенно в ее водохранилищах.

За помощь в изучении реки автор признателен историческому реконструктору с Ушкуя и учителю физики Э.К. Киласову, а также благодарит критиковавших текст Ч.М. Нигматуллина и А.В. Батемирову из АтлантНИРО. Работа выполнена инициативно в АтлантНИРО.

Литература

1. Зараженность рыб водоемов Калининградской области метацеркариями *Apophallus muehlingi* (Trematoda: Opisthorchiidae) / *Г.Н. Родюк, А.Д. Беляева, В.М. Давидович, Р.В. Рудов, М.Г. Бауэр* // Труды АтлантНИРО. – 2023. – Т. 7, № 2 (16). – С. 37–47.

2. *Алдушина Ю.К., Барановский П.Н., Лончук Е.Н.* Рыбные сообщества каскада водохранилищ на реке Лаве Калининградской области // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Тр. науч. конф. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – С. 7–11.

3. *Ахмедова, Н.Р., Нетесова К.Б.* Результаты мониторинга реки Лавы (на территории России) // Материалы VII Международного Балтийского морского форума. В 6-ти томах, Калининград, 07–12 октября 2019 года. Том 1. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. – С. 288–294.

4. *Гусев, А.А., Гусева, Д.О., Рудинская Л.В.* Предварительные итоги изучения зообентоса предустьевых участков некоторых рек Калининградской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2014. – Т. 23 (2). – С. 61–71.

5. *Дмитриева О.А., Семенова А.С.* Структура и динамика планктонных сообществ в Правдинском водохранилище (Калининградская область, Россия) в 2017–2020 гг. // Труды АтлантНИРО. – 2021. – Т. 5, № 1 (11). – С. 37–59.

6. Комплексный биомониторинг и оценка экотоксикологического состояния экосистемы Правдинского водохранилища Калининградской области в 2017–2019 гг. / *О.А. Дмитриева, А.С. Семенова, А.А. Гусев, Е.А. Поддуева, Л.В. Рудинская, Г.Н. Родюк, О.А. Шухгалтер, Н.Н. Чукалова, Т.А. Васюкевич, Д.С. Пьянов* // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Сборник материалов VII Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посвященной памяти д.б.н., проф. Б.А. Флерова. Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки: материалы школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов (Борок, 16–19 сентября 2020 г.). – Ярославль: Филигрань, 2020. – С. 55–58.

7. *Манаков Д.В.* Моллюски реки Анграпа (Калининградская область, Россия) // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. – 2016. – Т. 40. – С. 74-77.

8. Рыбохозяйственные исследования Правдинских водохранилищ: Отчет о НИР / Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства (КТИ РПиХ); Руководитель В.А. Шкицкий; № ГР 81064639; инв. № 02840016024. – Калининград: КТИ РПиХ, 1983. – 108 с.

9. *Цыбалева Г.А.* Зоопланктон и зообентос Правдинского водохранилища (по данным 1979 г.) // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – 1981. – Т. 173. – С. 56-64.

10. *Чепурина С.Г.* Характеристика некоторых бентосных сообществ реки Лава (Калининградская область) // Современные проблемы паразитологии, зоологии и экологии / Под. ред. Ч.М. Нигматуллина. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2004. – С. 338–347.

11. Экологическое состояние Правдинского водохранилища (ГЭС 3) по результатам многолетних гидробиологических исследований / *М.Н. Шибаева, Е.В. Кривопускова, Е.А. Масюткина, С.В. Шибаев* // Известия КГТУ. – 2019. – Т. 55. – С. 161–174.

12. *Юсупова Д.И., Хайновский К.Б.* Результаты исследований водохранилища «Правдинское» (Калининградская область) для определения возможности использования в целях товарной аквакультуры // Вестник молодежной науки. – 2018. – Т. 2 (14). – С. 1–6.

13. *Koprowska L., Jabłońska-Barna I.* Biomonitoring of the Łyna River (North Poland) in the years 1974–2006 on the basis of the benthic macroinvertebrates // Oceanological and Hydrobiological Studies. – 2007. – Vol. 36(4). – P. 49–54.

14. *Obolewski K., Glińska-Lewczuk K., Kobus S.* An attempt at evaluating the influence of water quality on the qualitative and quantitative structure of epiphytic fauna dwelling on Stratiotes aloides L., a case study on an oxbow lake of the Łyna river // Journal of Elementology. – 2009. – Vol. 14(1). – P. 119–135.

15. *Obolewski K., Glińska-Lewczuk K., Kobus S.* Effect of hydrological connectivity on the molluscan community structure in oxbow lakes of the Łyna River // Oceanological and Hydrobiological Studies. – 2009. – Vol. 38. – P. 75–88.

16. *Obolewski K.* Wykorzystanie makrozoobentosu do biologicznej oceny jakościwody w starorzeczach o różnym stopniu łączności z rzekąna przykładzie doliny Łyny (Use of Macrozoobenthos

for Biological Assessment of Water Quality in Oxbow Lakes of Varying Hydrological Connectivity to the Main River Channel in the Example of Lyna River Valley) // Ochrona Środowiska. – 2013. – Vol. 35. – P. 19–26.

17. *Wielgosz S.* Struktura ugrupowan zoobentosu drobnoziarnistego podloza rzeki Lyny (The structure of zoobenthos of a fine-grained substrate of the River Lyna) // Acta Hydrobiologica. – 1979. – Vol. 21(1). – P. 19–35.

18. *Wielgosz S.* Wplyw sciekow z miasta Olsztyna na zgrupowania bezkregowcow dna rzeki Lyny (The effect of wastes from the town of Olsztyn on invertebrate communities in the bottom of the River Lyna) // Acta Hydrobiologica. – 1979. – Vol. 21(2). – P. 149–165.

19. *Wielgosz S., Żółtowska G., Kukuńska B.* The effect of organic sewage on the lithon zoocenosis in the Łyna River // Ekologia Polska. – 1982. – Vol. 30. – P. 187–200.

УДК 592 (261.24)

Д.В. Манаков

Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО), Калининград, 236022
e-mail: manakov@atlant.vniro.ru; echo_tc2@rambler.ru

МАКРОЗООБЕНТОС ЛИТОРАЛИ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ) В ИЮЛЕ 2025 ГОДА

В работе дана краткая характеристика массового макрозообентоса литорали Вислинского залива в пределах Калининградской области (Россия) и ее главных природных условий по результатам наблюдений в трех поездках в июле 2025 года. Охарактеризованы моллюски залива, обнаруженные живыми и в танатоценозах на его берегу. Приводятся фотографии станций сбора и главных обнаруженных представителей фауны. Даются рекомендации по дальнейшему изучению моллюсков и танатоценозов из их раковин в прибрежной зоне этого водоема.

Ключевые слова: фауна, макрозообентос, литораль, Калининградский залив, Вислинский залив, малакофауна, танатоценозы, природные условия, лаборатория морской экологии, предварительные результаты.

D.V. Manakov

Atlantic branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (AtlantNIRO), Kaliningrad, 236022
e-mail: manakov@atlant.vniro.ru; echo_tc2@rambler.ru

MACROZOOBENTHOS OF THE VISTULA LAGOON LITTORAL IN THE KALININGRAD REGION (RUSSIA) IN JULY 2025

The paper provides a brief description of the macrozoobenthos of the Vistula Lagoon littoral within the Kaliningrad region (Russia) water area, and its main natural conditions based on the results of observations during three scientific trips in July 2025. The mollusks of the bay found alive and in thanatocoenoses on its shore are characterized. Photographs of collection stations and discovered fauna representatives are provided. Recommendations are given for further study of mollusks and thanatocoenoses from their shells in this shore area.

Key words: fauna, macrozoobenthos, littoral, Kaliningrad Bay, Vistula Lagoon, malacofauna, thanatocoenoses, natural conditions, laboratory of marine ecology, preliminary results.

Вызывает интерес распределение в Висленском заливе пресноводных моллюсков из рек и в устьях впадающих рек, а также как далеко заселяют массовые виды двустворчатых, типичные для мелководий открытого побережья Балтийского моря, Калининградский морской канал (КМК) и другие части залива. В 2023 г. нам было известно, что *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1832) обнаружена по всей акватории залива в РФ и вселилась в КМК в районе Светлого (устное сообщение Е.Е. Ежовой (2023) и Ю.Ю. Полуниной (2025)). В 2023 г. были собраны танатоценозы ее створок и другие раковины моллюсков, а в 2025 г. эта задача, в т. ч. обозначенная выше, была неразрешима из-за почти полного отсутствия живых особей моллюсков в пробах, взятых сачком, и бедности (неинформативности) танатоценозов берега. Заливу посвящено огромное количество исследований, которые подробно характеризуют его природные условия и биоту [1], однако собственного опыта его изучения до 2023 г. у нас не было, кроме эпизодических сборов танатоценозов и осмотров.

Цель работы: дать предварительную характеристику макрозообентоса прибрежных мелководий, а также главных природных условий Калининградского залива с описанием моллюсков по данным сборов 2025 г. с использованием сачка.

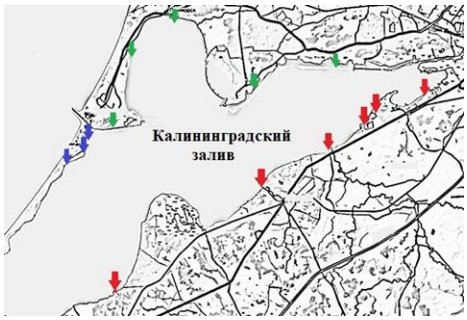
Осуществлены автомобильные выезды Лаборатории морской экологии (ЛМЭ) Института океанологии РАН (14, 15 и 17.07.2025), отработано 13 станций (см. рис. 1), но танатоценозы

в 2025 г. не отбирались из-за их крайней бедности (они были беднее, чем отобранные ранее в 2023 г.). Станции: 14.07.2025 № 1 Краснофлотское (Мамоново), № 2 Береговое (Ладушкин), № 3 Ушаково (устье Прохладной), № 4 «Кайт-пляж» у карьера «Мечта» (небольшой сосновый лес), № 5 СНТ «Мечта» (у одноименного карьера), № 6 Яхтклуб у «Лас-Пальмаса»; 15.07.2025 - № 1 Балтийск (широкий слип на бетонных плитах, парковка), № 2 бух. Приморская (застава или КПП, у ж/д путей), № 3 Приморск (парк, устье протоки с эллингами), № 4 г. Светлый (пирс – в парке), № 5 Рыбоконсервный завод «За Родину» (проходная); 17.07.2025 - № 1 Нойтиф (аэродром, в конце полосы), № 2 Гидрогавань 1 (остатки пирса, остовы кораблей), № 3 Гидрогавань 2 ближняя к парому, железный мол у ангара с башней (часы). Также мы даем ремарки в тексте по сборам и наблюдениям 2023 г.

Незубчатым сачком (прямоугольная рама 30×20 см без скребкового лезвия с сеткой 1 мм) до 1,2 м глубины на удалении 10–20 м от берега был собран бентос (нектобентос) по грунту, отличному от больших камней (песок, илы, гравий, мелкий камень). Качественное кошение составляло 10–15 мин вдоль тростника, в зарослях погруженной растительности, камыша, а также на дне без растений и по их скоплениям. Сачок добывает креветок, массовых мизид и амфипод, отрывает растения (рдесты), оставляет крупный гравий и мелкий камень в сетке. Преобладающий мелкий песок, илы полностью проходят; там, где есть деревья, в пробах присутствует крупный органический детрит, забивающий сачок. Фотографирование станций выполнялось Canon PowerShot SX620 HS, пробы помещались в пакеты-струна и пластиковые ведра с крышкой, фиксировались тузлуком (на несколько суток), затем с фиксацией 4%-ным формалином в ЛМЭ (наше упущение, т. к. сильно пострадали мизиды и амфиподы). Для сбора бентосных проб в ЛМЭ использовался дночерпатель Ван-Вина (0,025 м^2), троекратно с промывом в бентосных сачках, помещением в полиэтиленовые пакеты и фиксацией 4%-ным формалином. Фото фауны и определения макрозообентоса предоставлены Е.Е. Ежовой (ЛМЭ), частично сделаны автором, моллюски определены и сфотографированы – автором. Фото станций сбора сделаны тоже автором.

Природные условия залива. Во время наблюдений были жара и штиль, грунт в заливе чистый, мелкий песок с гравием и мелким камнем, илы слаборазвиты. Они вязкие и ощущаются под ногами слоем до 5–10 см, часто участками близ тростников и в них, лежат над твердым грунтом (ходить по дну не мешают), изредка по урезу воды и в воде отмечен детрит (близ деревьев ольхи), нечасто попадаются скопления мелких раковин массовых моллюсков субфоссильных (выбеленных). Ближе к Калининграду возрастает каменистость и гравийность грунта, встречаются отдельные ледниковые валуны, близ уреза воды и близ тростников волнение сбивает «водяную траву», в которой концентрируется фауна залива. Илов много в Балтийске, Приморске (так что тяжело ходить) и в Гидрогавани (обе точки) под водными растениями. Самый мелководный участок залива с пляжем, засыпанным раковинами белого цвета (рангия), – пос. Ушаково, в остальных участках надо зайти на 20–30 м, чтобы дойти до предела забродников, т. е. по грудь человеку (до 1,3 м). Больше илов отмечено на северном побережье залива, т. к. там больше канализационных стоков. Антропогенная нагрузка на берега залива (Балтийск – Калининград) существенно выше, чем на его восточном побережье. Скопления раковин часто встречаются на восточном побережье в разрежениях тростника, а на Вислинской косе, в Балтийске и северном побережье танатоценозы из раковин моллюсков не выражены (кроме Светлого, где много рангии). Механизмы формирования прибрежных выбросов раковин моллюсков и состав этих танатоценозов – отдельный вопрос изучения. Растения в заливе – тростниковый пояс с разрежениями, камыш, рдест (гребенчатый), нитчатка. Вода мутно-зеленая с характерным запахом (где стоки и много илов – запах сероводородный), на поверхности воды у берега «цветение» из синезеленых водорослей.

Калининградский залив в 2025 г. – «царство ракообразных» (мизиды, амфиподы, креветки), атлантической рангии и молоди рыбы, все это попадалось в сачок с обильной примесью водной травы (рис. 2). Только в танатоценозах (в 2023 г.) еще обнаружены остатки крабов; балянус на рангии, отмершем тростниковом стебле и камнях. Береговые выбросы хорошо характеризуют видовой состав фауны в заливе, но опосредованно – после сортировки материала прибоем. Редкие раковины проще найти в танатоценозе, чем в воде сачком, грунт мелководий обычно чистый, как бы выметенный прибоем. Дночерпатель отбирал массовую фауну и, по замечаниям сотрудников ЛМЭ, улов был очень беден по сравнению с пробами в 2014-2016 гг. Погруженных водных растений тоже стало меньше.



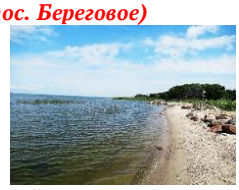




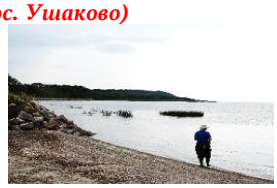
14.07.2025 № 1 (пос. Краснофлотское)




14.07.2025 № 2 (пос. Береговое)

14.07.2025 № 3 (пос. Ушаково)

14.07.2025 № 4 («Кайт-пляж»)




14.07.2025 № 5 (СНТ «Мечта»)



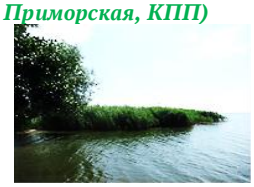

14.07.2025 № 6 (Яхтклуб)



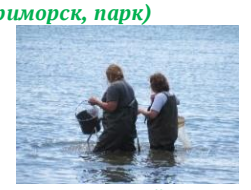

15.07.2025 № 1 (город Балтийск)




15.07.2025 № 2 (бухта Приморская, КПП)

15.07.2025 № 3 (пос. Приморск, парк)

15.07.2025 № 4 (город Светлый, пирс)




15.07.2025 № 5 («За-Родину» Рыбоконсервный завод)

17.07.2025 № 1 (аэродром Нойтиф)

17.07.2025 № 2 (Гидрогавань № 1 дальняя)




17.07.2025 № 3 (Гидрогавань № 2 ближняя)









Рис. 1. Вид станций сбора водных беспозвоночных ЛМЭ на Вислинском заливе (2025), карта расположения станций (Калининградский залив – часть Вислинского залива у Калининграда) Сверху: автор за работой на заливе (сачок, дночерпатель); станции сбора проб (красным 14.07.2025; зеленым 15.07.2025; синим 17.07.2025 – нумерация в таблице по очередности от наиболее удаленной станции от Калининграда = № 1 до наиболее близкой по порядку следования). Фото автора

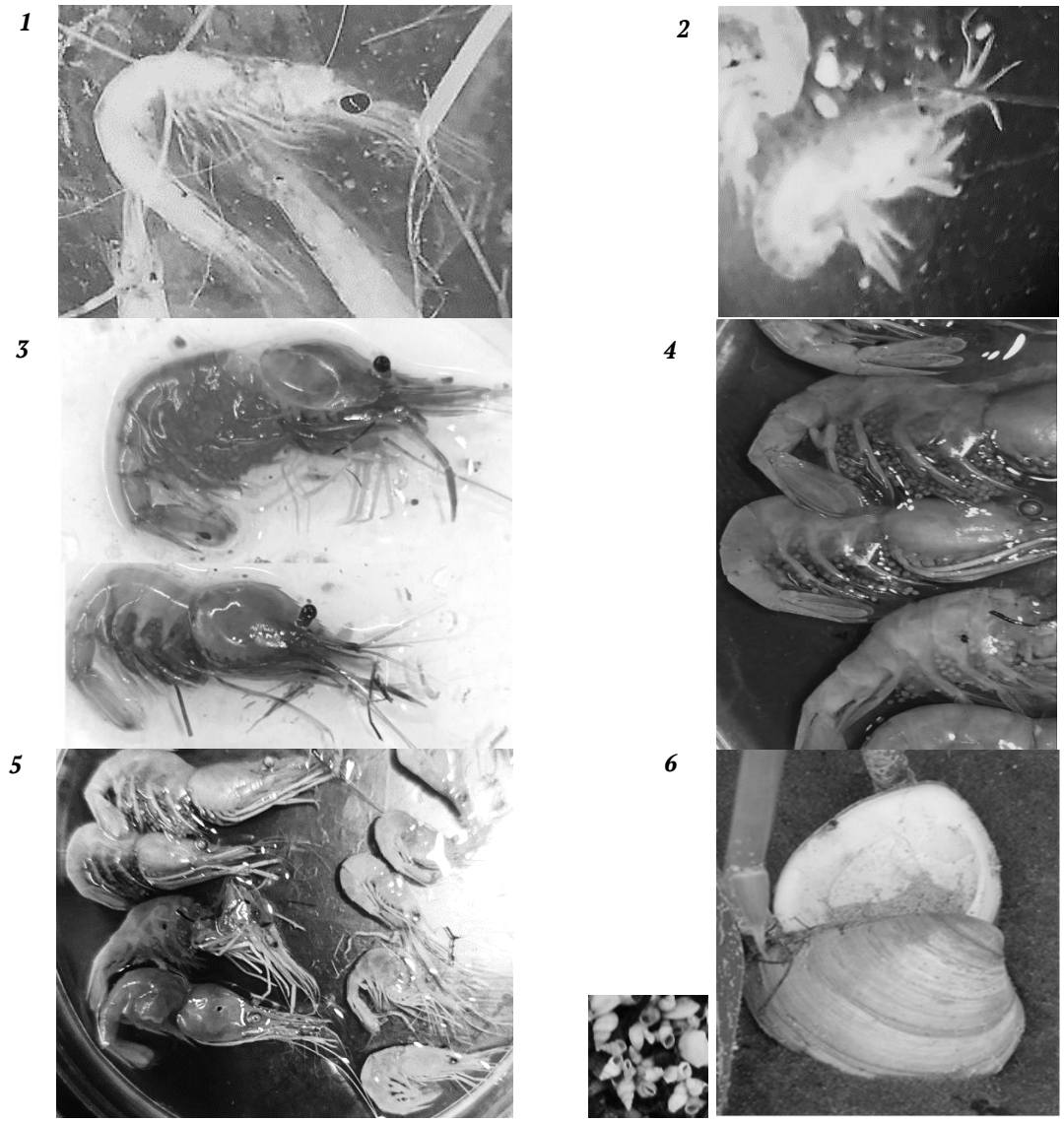


Рис. 2. Примеры макрозообентоса литорали Вислинского залива (фото Е.Е. Ежовой и Д.В. Манакова) (см. размеры в тексте). 1 – мизиды, 2 – особь амфипод; 3, 4, 5 – массовые креветки; 6 – двустворчатый моллюск атлантическая рангия (раковины); на врезке у рангии – брюхоногий моллюск потамопирг

Фауна. *Крабы Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841) (до 3 см) – в 2025 г. живых и фрагментов клешней/карапаксов не обнаружено у зарослей тростника (отмечены в 2023 г. в танатоценозах в Щукино, ранее отмечались у пос. Прибрежного). Мизиды (виды не определены): всюду на всех станциях в массе в сачке, размер до 1,5 см. Амфиподы (*Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 + *Obesogammarus crassus* (G.O. Sars, 1894) + *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) – устн. сообщ. и опред. Е.Е. Ежовой по пробам автора): вторые по преобладанию в сачке, они ловились в доле 1/6–1/10 от мизид (например, 14.07), были мелкие по 5 мм, концентрировались в зарослях тростника или под их защитой и в зарослях «травы», а также в ее скоплениях на грунте у тростников. Креветки (*Palaemon elegans* Rathke, 1836) (до 5 см): в массе встречены на четырех станциях: на станции № 4 (14.07), в т. ч. с икрой, и попадались вместе с камбалой, концентрировались в «водном сбое» травы и близ тростников. Креветки тоже отмечены в Балтийске (КМК, плиты паркинга, слипа 15.07) и в Гидрогавани ст. № 1–2 – многочисленны, их количество (биомасса) в пробе сопоставимо с таковым у мизид и амфипод вместе взятых там же. *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) (до 5 мм): отмечен в Гидрогавани (пос. Коса) на камне в 2025 г., также в 2023 г. на тростнике в Яхтклубе (выбросы) и на камне в Береговом.

Моллюски. *R. cuneata*: на всех станциях отмечены молодые раковины, мало, только два экземпляра обнаружены живыми. Раковины рангии, добытые из воды, были повсеместно старые

и «грязные», из илов. Крупные створки рангии попадались редко, это старые створки, покрытые налетом изнутри. *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771): живых особей и створок обнаружено не было, кроме танатоценозов с ее створками в устье р. Прохладной, на пляже. *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843) (3–4 мм): в районе Яхтклуба (отель «Лас-Пальмас») обнаружен живым единично (отмечен характерный волосчатый шов на раковине), там же возрастает каменистость дна. Вероятно, вид заселяет обросшие, ослизненные камни и пятна илов между каменистыми отмелями. Гидробии: в сачок не попались, дночерпателем на «Кайт-пляж» взяты раковины размером до 1 мм, вид идентифицировать сложно, возможно (ближе к) juv. *Peringia ulvae* (Pennant, 1777). Раковины типичных пресноводных моллюсков можно обнаружить на пляже в устье р. Прохладной, в пос. Ушаково – вследствие локального распреснения залива и дрифта речной малакофауны. В меньших количествах раковины пресноводных моллюсков можно обнаружить в танатоценозах с преобладанием тростникового стебля напротив Голубых озер в пос. Прибрежном, где ранее мы также находили скопления раковин потамопирга на берегу. Раковины выносит р. Преголя (выбросы отличны от таковых на пляже пос. Ушаково), их можно обнаружить в танатоценозах в черте города, например у двухъярусного ж/д и автомобильного моста у Музея Мирового океана и других подобных местах. Субфоссильные танатоценозы из раковин моллюсков: нам изредка попадались на берегу залива старые раковины битинии щупальцевой, вальваты рыбьей, речной лунки (лунка – единожды), живородки речной – они были не в воде, а на суше по урезу воды и в береговом танатоценозе. Вальваты и битинии были типичны в донном грунте у пос. Краснофлотское и станции у завода «За Родину», также живородка речная была на «Кайт-пляже» (у протоки карьера Мечта) – там аккумулируется интересный танатоценоз (качественно разнообразный), но не обильный, как в Ушаково, с преобладанием в этой точке рангии, других видов моллюсков залива и рек. Во всех танатоценозах залива преобладала количественно рангия.

Ихтиофауна залива (дополнение). Очень редко попадалась молодь рыб, по 1–2 экз., креветок, для сравнения, поймать было проще. На «Кайт-пляже» (2025) в сачок попалась молодая камбала (8 см), а 05.12.2022 выбросило там же особь *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758). Эта аномальная «морская» станция, как и устье р. Прохладной (пос. Ушаково), богатое пресноводной фауной, также отличается качественным и количественным богатством морской фауны – например, креветками. Другие станции восточного побережья (14.07) существенно беднее, типичная морская фауна нами обнаружена также в заливе и КМК около г. Балтийска (17.07). В Балтийске отмечены медузы аурелии.

Получение подробных сведений о распределении живых моллюсков и их танатоценозов в Калининградском заливе оказалось нам не по силам, т. к. должно сочетать изучение береговых выбросов раковин, анализ захороненных и поверхностных танатоценозов «приглубой» части залива, а также большой объем дночерпательных проб с использованием плавсредств. С учетом видовой бедности моллюсков более целесообразно проводить подобные исследования на Куршском заливе, однако данные только из разрежений тростниковой заросли не пригодны для подобной характеристики ввиду их ограниченности. Мониторинг танатоценозов берега наших заливов – самостоятельная задача тафономических исследований, которую нужно решать в Калининградской области ввиду отсутствия такого рода работ.

Автор выражает благодарность руководившим экспедиционными работами и участвовавшим в них Е.Е. Ежовой, Ю.Ю. Полуниной, А.А. Володиной, М.А. Герб, а также коллегам (коллективу) ЛМЭ, помогавшим собирать пробы и данные в полевых условиях: А.Ю. Шартон, А.Е. Карташовой, Н.Э. Багирову, А.С. Мельник, С.А. Щербакову, Я.В. Уткиной, М.М. Смирновой, Д.М. Казаковой; ценными советами при обработке проб помогала Н.С. Молчанова. Автор также благодарит опытнейшего водителя Г.А. Бамбизова.

Литература

1. *Гусев А.А., Рудинская Л.В.* Современный видовой состав зообентоса Вислинского залива и его сравнение с аналогичными данными 20-х годов XX века // Труды АтлантНИРО. Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010–2013 годах. Том 1. Балтийское море и заливы. – Калининград: АтлантНИРО, 2014. – С. 100–122.

УДК [597:556.55](470.54)

А.Г. Минеев, Г.В. Сумин, А.В. Черногубов

Уральский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (УралНИРО), Екатеринбург, 620014
e-mail: 20031976mag@gmail.com

ИХТИОФАУНА ОЗЕРА ТЫГИШ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

В работе приводятся сведения о современном видовом составе ихтиофауны озера Тыгиш (Свердловская область, Россия), а также линейно-весовые показатели особей в популяциях рыб, его населяющих, по результатам обследования, выполненного в 2025 г. Обсуждаются изменения видового разнообразия рыбного населения водоема и факторы, их обусловливающие. Предложены перспективные направления рыбохозяйственного использования озера.

Ключевые слова: озеро Тыгиш, Свердловская область, ихтиофауна, серебряный карась, золотой карась.

A.G. Mineev, G.V. Sumin, A.V. Chernogubov

Ural branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (UralNIRO), Yekaterinburg, 620014
e-mail: 20031976mag@gmail.com

ICHTHIOFAUNA OF LAKE TYGISH (SVERDLOVSK REGION, RUSSIA)

The paper provides information about the current species composition of the ichthyofauna of Lake Tygish (Sverdlovsk Region, Russia), as well as the linear and weight parameters of individuals in the fish populations inhabiting the lake, based on the results of a survey conducted in 2025. Changes in the species diversity of the reservoir's fish population and the factors causing them are discussed. Promising directions for the fishery management of the lake are proposed.

Key words: Lake Tygish, Sverdlovsk Region, ichthyofauna, silver crucian carp, golden crucian carp.

Озеро Тыгиш расположено на территории Каменского муниципального округа Свердловской области РФ. Литературные данные о современном состоянии рыбного населения озера отсутствуют. Целью настоящей работы является изучение современного видового состава ихтиофауны, особенностей его динамики, размерно-возрастной структуры популяций рыб.

Отлов рыбы в оз. Тыгиш производился ставными сетями, каждая длиной 50 и высотой 1,8 м, с шагом ячеи 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70 мм. Орудия лова устанавливались в один порядок. Экспозиция сетей осуществлялась в течение 24 ч 16–17 июня 2025 г. Для всей выборки рыбы выполнены массовые промеры. На полный биологический анализ (ПБА) отбиралось по 10 экземпляров в каждой размерной группе обследованных рыб с шагом в 1 см. Биологический анализ проведен по общепринятой методике [1]: рыба взвешивалась с точностью до 1 г, измерялась промысловая длина тела с точностью до 1 мм, отбиралась 5–10 чешуй, определялись пол и стадия зрелости гонад. Возраст рыб установлен по чешуе [2]. Всего обследовано 459 экземпляров серебряного карася (в том числе ПБА – 110) и 39 экземпляров золотого карася (для всех особей выполнен ПБА).

Озеро Тыгиш расположено в пределах геоморфологических структур Зауральского пенеплена, в лесостепном ландшафте. По литературным данным, морфометрические параметры следующие: площадь акватории – 6,7 км^2, площадь водосбора 20,1 км^2, максимальная глубина 6 м, средняя глубина – 1,5 м [3].

Сведения о рыбном населении оз. Тыгиш в научной литературе не найдены. По данным учетной карточки водоема из архива «УралНИРО», датированной 1932 г., ихтифауна представлена «карасем». Согласно сведениям веб-сайта «Уральская рыбалка» (www.uralfishing.ru) от 2012 г.

в озере встречались щука – *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), речной окунь – *Perca fluaviatilis* (Linnaeus, 1758) и плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758).

Контрольный облов, проведенный в 2025 г., показал наличие двух видов рыб: серебряного карася – *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) и золотого карася – *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758). Преобладал первый вид, составляя 93% от количества пойманных особей.

Выборка из популяции серебряного карася представлена экземплярами в возрасте от 1+ до 7+ лет. Половая зрелость у самок, составляющих 100% выборки, наступает на 3-4-м году жизни. В популяции, по данным массовых промеров, преобладали особи в возрасте от 1+ до 4+ лет, представляя 97 % выборки, на долю шестилеток приходилось 2%, а семи- и восьмилеток – 0,7 и 0,3% соответственно.

Серебряный карась характеризуется относительно невысокими показателями роста для водоемов Зауралья. Так, средняя масса и длина пятилеток (4+) составляли 183 г и 175 мм соответственно (табл. 1). Для сравнения рыбы такого же возраста из оз. Алакуль имели в среднем массу 176 г при длине 178 мм, из оз. Малое Бутырино – 348 г и 205 мм, из оз. Большие Донки – 354 г и 214 мм.

Таблица 1

Линейно-весовые характеристики серебряного карася озера Тыгиш

Возраст, лет	Масса, г	Длина, мм	Кол-во экз., шт.
	M ± *m*	*M* ± *m*	
1+	46,8 ± 4,1	111,1 ± 3,9	12
2+	86,7 ± 7,9	133,8 ± 3,6	37
3+	139,4 ± 6,1	161,9 ± 2,6	28
4+	182,6 ± 15,3	175,8 ± 5,0	22
5+	296,9 ± 38,8	208,8 ± 7,8	8
6+	343,0 ± 82,0	210,5 ± 11,5	2
7+	770,0	303,0	1

Примечание: M – средняя арифметическая; *m* – стандартное отклонение.

Популяция золотого карася представлена в контрольных уловах особями в возрасте от 3+ до 9+ лет. Соотношение самок и самцов близко к 1:1, возраст наступления половой зрелости у самцов 2-3 года, у самок – 3 года. Темп его роста сопоставим с рыбами того же вида из других водоемов Зауралья. Например, пятилетние особи из оз. Тыгиш длиной 172 мм весили 170 г (таблица 2), а из оз. Малое Бутырино – 170 мм и массу 167 г соответственно.

Таблица 2

Линейно-весовые характеристики золотого карася озера Тыгиш

Возраст, лет	Масса, г	Длина, мм	Кол-во экз., шт.
	M ± *m*	*M* ± *m*	
3+	161,5 ± 11,5	174,0 ± 3,0	2
4+	170,3 ± 13,0	172,0 ± 4,9	6
5+	236,8 ± 15,0	197,8 ± 3,3	12
6+	272,5 ± 15,3	202,6 ± 3,5	12
7+	269,2 ± 28,3	200,7 ± 6,5	6
9+	335,0	215,0	1

Примечание: M – средняя арифметическая; *m* – стандартное отклонение.

Анализ сведений о составе ихтиофауны оз. Тыгиш в прошлом и ее современного состояния показывает, что в разные периоды времени видовое разнообразие было неодинаковым. В одни периоды водоем населял только карась, а в другие – также обыкновенная щука, речной окунь и плотва. Современный состав ихтиофауны, представленный видами устойчивыми к дефициту растворенного в воде кислорода, свидетельствует о том, что в настоящее время оз. Тыгиш является заморным водоемом. Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании его рыбохозяйственной эксплуатации. Наиболее перспективными направлениями деятельности могут быть промышленное рыболовство и пастбищная аквакультура в режиме однолетнего выращивания.

Литература

1. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 375 с.
2. *Чугунова Н.И.* Руководство по изучению роста и возраста рыб. – М: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.
3. Особенности накопления, распределения 90 Sr, 137Cs и тяжелых металлов в почвах водосборной территории озера Тыгиш / *В.В. Дерягин, К.В. Каблова, С.Г. Левина, А.А. Сутягин, В.А. Мусатов* // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2017. – Т. 57, № 2. – С. 210–219.

УДК 597.583.1(282.247.13)

Т.В. Муравьева, А.М. Торцев, Р.А. Мельник, Д.О. Власов

Северный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Северный), Архангельск, 163002
e-mail: torzevalex@severniro.vniro.ru

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУДАКА ОБЫКНОВЕННОГО (*SANDER LUCIOPERCA*) РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

Судак обыкновенный (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) появился в бассейне р. Северной Двины в результате саморасселения и частично интродукции. Он занял свою экологическую нишу в р. Северной Двине и расселился вплоть до ее низовий. Биологические характеристики судака на протяжении десятилетия находятся в относительно стабильном состоянии. Запасы судака в настоящее время активно осваиваются как при промышленном рыболовстве, так и рыбаками-любителями. Среднегодовые уловы судака составляют 5,7 т. Однако неконтролируемый лов судака, включая троллинг, приводит к снижению численности вида, что отражается на официальных уловах.

Ключевые слова: судак обыкновенный, биологическая характеристика, река Северная Двина.

T.V. Muravyova, A.M. Tortsev, R.A. Melnik, D.O. Vlasov

North branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (Severnyy), Arkhangelsk, 163002
e-mail: torzevalex@severniro.vniro.ru

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PIKE-PERCH (*SANDER LUCIOPERCA*) OF THE NORTHERN DVINA RIVER

Pike-perch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) appeared in the Northern Dvina River basin as a result of natural dispersal and introduction. It has occupied its ecological niche in the Northern Dvina River and has spread throughout the lower reaches of the river. Biological characteristics of pike-perch have been relatively stable over the past decade. Pike-perch stocks are currently being actively exploited by both commercial fisheries and recreational fishermen. Average annual catches of pike-perch are 5.7 tons. However, uncontrolled fishing, including trolling, is leading to a decline in the species' numbers, which is reflected in official catches.

Key words: pike perch, biological characteristics, Northern Dvina River.

Судак обыкновенный (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) является представителем семейства окуневых (Percidae). Быстрорастущая рыба, имеющая широкий ареал обитания. Естественный ареал судака в Архангельской области ограничен озерами Носовско-Лузской и Монастырской систем [1]. Судак появился в бассейне р. Северной Двины в результате саморасселения и частично интродукции в результате прокладки каналов, соединивших бассейны рек Северной Двины и Волги, Вычегды и Камы [2]. В настоящее время судак распространился практически по всей реке вплоть до участков дельты реки. С течением времени произошла натурализация судака в Северодвинском бассейне [3, 4]. В наши дни судак является объектом промышленного и любительского рыболовства. Вследствие этого необходимо проведение мониторинга состояния популяции судака для подготовки прогнозных материалов и разработки мер по сохранению вида. Таким образом, целью исследования является анализ биологических характеристик судака р. Северной Двины по данным ежегодного мониторинга.

Крупнейшая река бассейна Белого моря – Северная Двина – протекает по северному склону Русской равнины. Длина реки составляет 774 км, а площадь бассейна – 357 тыс. км^2. Река Северная Двина образуется путем слияния рек Сухоны и Юг. Возле г. Котласа в нее впадает крупнейший приток – р. Вычегда. Ниже впадения р. Пинеги река разбивается на протоки с многочисленными островами. В районе городов Архангельска и Северодвинска р. Северная Двина образует обширную дельту (рис. 1) [5].

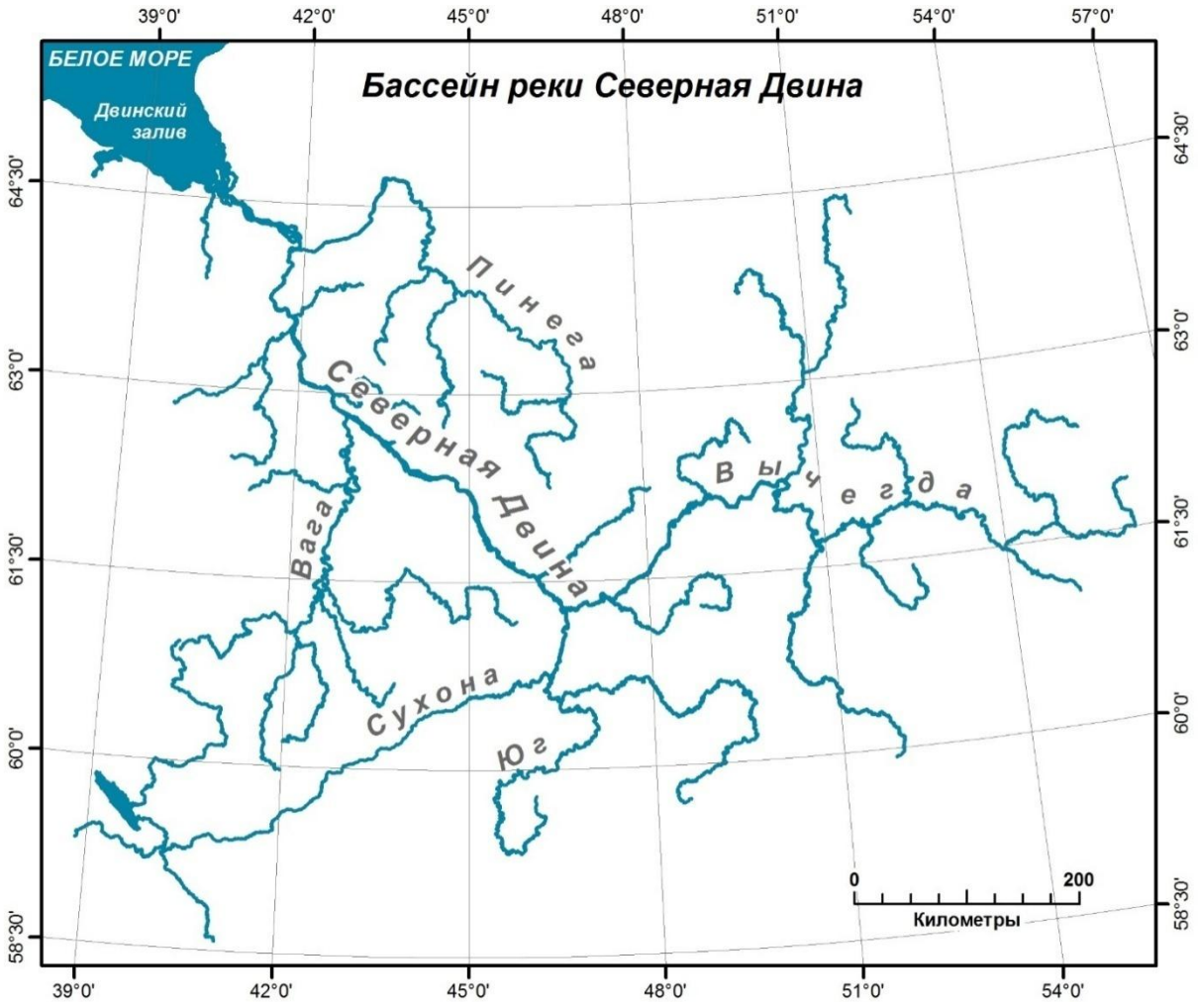


Рис. 1. Карта-схема бассейна реки Северной Двины

Материалы исследования основаны на данных Североморского территориального управления Росрыболовства и результатах ежегодного мониторинга, проводимого Северным филиалом ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» на р. Северной Двине с использованием НИС «Прилив». Работы проводились в соответствии со стандартными методиками. Общий объем выборки составил 205 экз. Возраст судака определен по чешуе по методике [6] с использование бинокуляра МБС-10.

Запасы судака активно осваиваются рыбаками на протяжении всей р. Северной Двины в Котласском, Красноборском, Верхнетоемском, Виноградовском, Холмогорском и Приморском муниципальных округах Архангельской области. В муниципальных округах сформированы рыболовные участки, где ежегодно осуществляется рыболовство [7]. Уловы судака варьируют от 2,1 до 7,3 т в период 2015–2024 гг., составляя в среднем 5,7 т ежегодно (рис. 2). Освоение рекомендованного объема составляет 53% в среднем за наблюдаемый период. Вместе с тем освоение запаса также имеет плавный нисходящий тренд.

Лов судака осуществляется в период комплексного мониторинга, проводимого на р. Северной Двине ежегодно в летне-осенний период ставными сетями с размером ячеи от 20 до 80 мм. Уловы судака отмечались в ставных сетях с ячеей 20, 40, 50 и 60 мм.

Средняя длина (AD) особей судака составила 34,9 см, варьируя от 28,8 до 38,1 см. Средняя масса достигала 709 г, изменяясь от 446 до 879 г. Средний возраст особей судака в уловах 3,7 года (таблица). Пределы варьирования длины (AD) особей судака из уловов колеблются от 10,8 до 68,2 см, составляя в среднем 35,4 см в период 2021–2025 гг. Значения массы отдельных особей изменялись от 16,8 до 4 030 г, средняя масса при этом составляла 740,6 г (таблица).

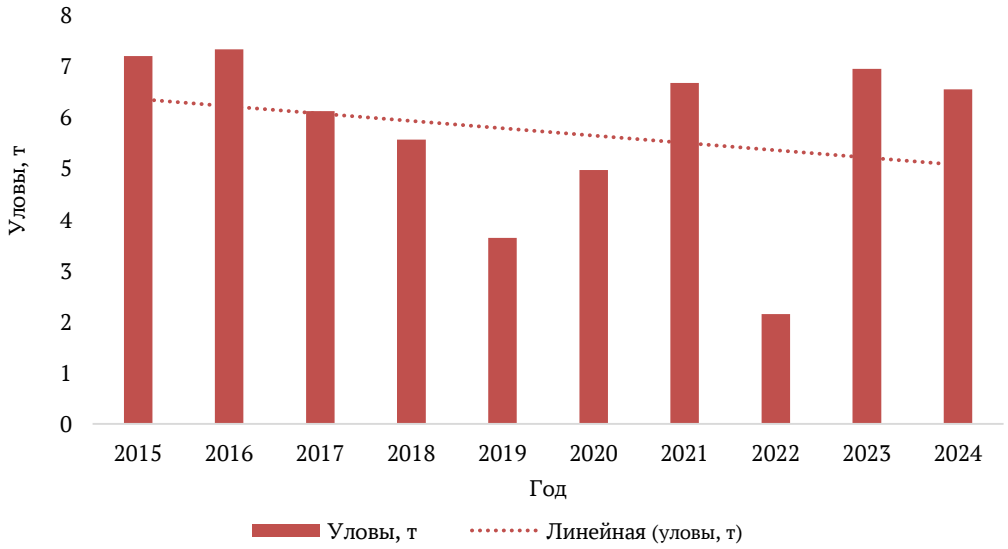


Рис. 2. Уловы судака в бассейне р. Северной Двины

Биологические показатели судака обыкновенного в уловах ставными сетями в реке Северной Двине, 2015–2025 гг.

Год	Средняя длина (AD), см Пределы, см	Средняя масса, г Пределы, г	Средний возраст, лет
2015	30,2	446	2,8
2016	32,9	568	3,7
2017	28,8	497	3,5
2018	37,1	895	3,7
2019	33,2	483	3,1
2020	36,9	717	3,7
2021	38,1 10,8 – 49,2	879 16,8 – 1454	4,5
2022	37,1 19,7 – 54,8	800 91,2 – 2200	3,4
2023	34,7 17,3 – 68,2	751 61,1 – 4030	4,2
2024	36,2 18,1 – 52,7	719 70,3 – 1802	4,4
2025	37 18,5 – 52	769 70 – 2000	
Среднее	*34,9*	*709*	*3,7*

Сравнительный анализ биологических характеристик судака обыкновенного из различных водных объектов Европейской части России показал, что размерно-весовые характеристики судака р. Северной Двины выше, чем, например, в р. Майне (Куйбышевское водохранилище), где средние длина и масса судака составили 315 г и 27 см [8], в реках Оке, Москве, Клязьме и Сейме – 443, 317, 221 и 298 г соответственно (для возраста 3+) [9]. Также необходимо отметить, что средние значения длины судака из уловов меньше, чем промысловый размер (45 см), установленный Правилами рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна [10]. Тем не менее небольшая часть выловленных особей соответствует установленному промысловому размеру. Аналогичная ситуация также отмечена в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне [9].

Таким образом, судак обыкновенный, не являясь аборигенным видом, занял свою экологическую нишу в р. Северной Двине и расселился вплоть до низовий реки. Биологические характеристики судака на протяжении десятилетия находятся в относительно стабильном состоянии.

Запасы судака в настоящее время активно осваиваются как в промышленном рыболовстве, так и рыбаками-любителями. Однако неконтролируемый лов судака, включая троллинг, приводит к снижению численности вида, что отражается на официальных уловах.

Литература

1. *Новоселов А.П., Студенов И.И., Лукин А.А.* Современное состояние водных биологических ресурсов р. Северной Двины // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 4. – С. 90–99.

2. *Захаров А.Б., Бознак Э.И.* Инвазийные виды в крупных речных системах европейского северо-востока России // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2009. – № 7. – С. 11–18.

3. *Новосёлов А.П.* Новые виды рыб в водоемах европейского северо-востока России // Экология. – 2020. – № 6. – С. 457–464.

4. *Рафиков Р.Р.* Рыбное население реки Вычегда в районе сброса очищенных сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Сибирский экологический журнал. – 2021. – Т. 28. – № 6. – С. 757–766.

5. Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – Т. 3. – 612 с.

6. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных): Моногр. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищепромиздат, 1966. – 375 с.

7. *Студёнов И.И.* Проблемы регулирования промышленного рыболовства на примере реки Северная Двина // Рыбное хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 65–75.

8. *Елина Е.А.* Морфометрический анализ и биологическая характеристика видов судак обыкновенный и судак волжский Старомайнского района Ульяновской области // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2016. – № 15. – С. 17–22.

9. *Быков А.Д.* Судак в водоемах центральной России // Вопросы рыболовства. – 2023. – Т. 24. – № 3. – С. 37–54.

10. Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна, утвержденные приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 13.05.2021 г. № 292 [Электронный ресурс].– URL: https://base.garant.ru (дата обращения: 21.02.2026 г.).

УДК 595.384.2:574.2:574.5(262.54)

А.С. Овчарук[1, 2], С.А. Судник[2]

[1, 2] Калининградский государственный технический университет,
Калининград, 236022;
[1] Музей-заповедник «Музей Мирового океана»,
Калининград, 236006
e-mail: arveyzer@mail.ru

РАЗМЕРЫ, ПОЛОВОЙ СОСТАВ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРАБА *RHITHROPANOPEUS HARRISII* (BRACHYURA: PANOPEIDAE) ИЗ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА В 2020 И 2025 ГОДАХ

В пробах краба Харриса, собранных в Таманском заливе в 2020 и 2025 годах, численно доминировали самцы. Проведенный морфометрический анализ для особей, собранных в 2025 году, выявил черты полового диморфизма по 17 пластическим признакам: значения двух из них (ширина сегментов абдомена 3 и 4) были крупнее у самок – на 18 и 62%; значения остальных оказались крупнее у самцов – на 13–38%. Ширина сегмента абдомена 4 у самок крупнее, чем у самцов, почти в два раза, что объясняется необходимостью для них отложить и выносить здесь массивную кладку яиц. Сравнение между собой размеров правой и левой клешней выявило половые различия у особей из пробы 2025 года: левые клешни у самцов были меньше, чем правые, на 14–23%. Отмечена схожесть результатов, полученных в этом и более ранних исследованиях, что может свидетельствовать о популяционных особенностях вида в заливе.

Ключевые слова: *Rhithropanopeus harrisii*, Таманский залив, размеры, половой состав, морфометрия.

A.S. Ovcharuk[1, 2], S.A. Sudnik[2]

[1, 2] Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, 236022;
[1] Museum-Reserve «Museum of the World Ocean»
Kaliningrad, 236006
e–mail: arveyzer@mail.ru

SIZE AND SEX COMPOSITION, MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF THE CRAB *RHITHROPANOPEUS HARRISII* (BRACHYURA: PANOPEIDAE) FROM THE TAMAN BAY IN 2020 AND 2025

In the samples collected from the Taman bay in 2020 and 2025, males were numerically dominant. A morphometric analysis of individuals collected in 2025 revealed sexually dimorphism traits for 17 plastic characteristics: two of these (the width of abdominal segments 3 and 4) were larger in females – by 18 and 62%; the others were larger in males – by 13–38%. The width of abdominal segment 4 in females of the species was larger than that in males almost by half, which is explained by their need to lay and carry a massive egg clutch here. Comparing the sizes of the right and left claws revealed sex differences only in individuals from the 2025 sample: the males' left claws were 14–23% smaller than their right ones. The results obtained in this and earlier studies were similar, which may indicate population characteristics of the species in the bay.

Key words: *Rhithropanopeus harrisii,* Taman Bay, sizes, sex composition, morphometry.

Rhithropanopeus harrisii, краб Харриса – инвазивный широко расселившийся вид, устойчивый к значимым перепадам температуры и солености. Краб способен влиять на водную растительность, тем самым контролируя численность некоторых травоядных видов; при пищевой и прочей конкуренции может даже выселять нативные виды крабов. Вид может быть носителем чрезвычайно вирулентных бакуловирусов, которые вызывают болезни у креветок и крабов [1, 2]. Крабы могут повреждать рыболовное оборудование и забивать водозаборы [3]. Важность его изучения несомненна для всех частей ареала. Цель данной работы – исследование полового,

размерного составов и морфологических особенностей особей краба Харриса из вод Таманского залива, собранных в 2020 и 2025 гг.

Материалом исследований послужили две пробы краба *R. harrisii*, собранные вручную сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова (г. Москва) летом 2020 г. (13 особей) и 02.07.2025 г. (34 особи) в Таманском заливе Азовского моря на глубине до 1 м. Для анализа особенностей биологии вида в этот период использована методика комплексного лабораторного биологического анализа [4]. Пол крабов определялся по вторичным половым признакам (форма абдомена, строение плеоподов) и первичным (тип гонад: семенники или яичники). В методику расширенного морфометрического анализа, составленную нами [5], входила оценка с помощью бинокулярного микроскопа с точностью 0,1 мм 20 пластических признаков. Оценка полученных параметров выполнена с применением стандартных статистических методов, с использованием возможностей Microsoft Office Excel и программного обеспечения ПО Past. Каждая сравниваемая выборка значений оценена на нормальность распределения с применением критерия Шапиро – Уилка, часто используемого для десятиногих раков, в том числе краба Харриса [6, 7] (для критерия принимается нулевая гипотеза, предполагающая нормальное распределение). Результаты анализа оценивались по значению *p*(normal): при *p*(normal) < 0,05 нулевая гипотеза отвергается и принимается ненормальное распределение значений в выборке. Для оценки достоверности различий параметров в выборках были использованы критерии Стьюдента (когда выборки имели нормальное распределение) и Манна – Уитни (при ненормальном распределении значений хотя бы в одной выборке). Для обоих критериев принимается нулевая гипотеза, которая предполагает отсутствие значимых различий между сравниваемыми группами. Гипотеза считается верной, когда для критерия Стьюдента $tst_{расч} > tst_{табл}$ и *p* (same mean) > 0,05; для критерия Манна – Уитни, когда *p* (same med.) > 0,05. В случае несоответствия этим условиям нулевая гипотеза опровергается, что говорит о статистической значимости различий в выборках.

Соотношение полов (самки : самцы) в пробах составило 1 : 1,6 в 2020 г. и 1 : 3,9 в 2025 г. (рис. 1). Преобладание самцов в популяции вида Таманского залива и из других частей Азовского моря, с варьирующей их долей, отмечалось и ранее [1].

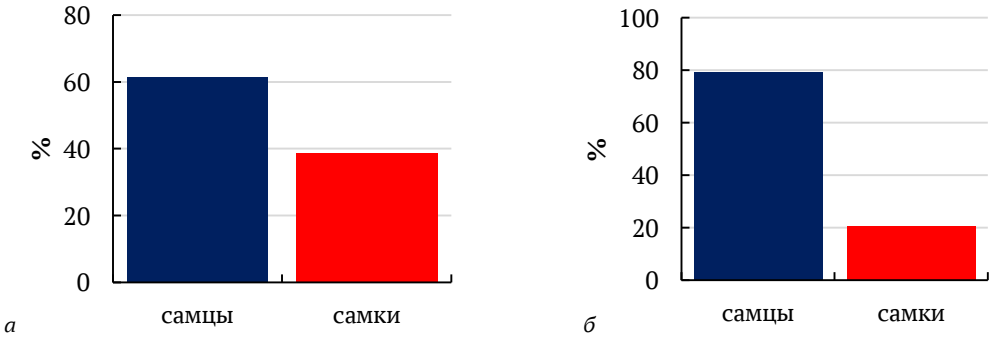


Рис. 1. Половой состав особей R. harrisii в пробах, Таманский залив: а – лето 2020 г., б – лето 2025 г.

В исследованных пробах вариации в соотношении полов могли, среди прочего, быть связаны с различным поведением особей разного пола – самки вида часто предпочитают укрываться в корнях растений, в норах, а также с особенностями применяемых исследователями методик сбора материала, разных сезонах и времени суток сбора. С другой стороны, существенное преобладание самцов в поселениях краба Харриса могло указывать и на нестабильность условий окружающей среды. Показано [8], что, например, худшие условия питания всегда смещают соотношение полов в сторону преобладания самцов. В целом соотношение полов в популяции – величина переменная, связанная с условиями существования и определяющая эволюционную пластичность вида. Многочисленность самцов усиливает пластичность популяции [8], что можно назвать положительным моментом для поселения.

Для особей из пробы 2020 г., в связи с малым количеством исследованных особей обоих полов, для уточнения достоверности результатов при сравнении использовано два критерия – Стьюдента и Манна – Уитни (табл. 1).

Таблица 1

Размеры элементов экзоскелета самцов и самок *R. harrisii*, Таманский залив, 2020 г.

Название пластического признака	*N*, экз.		Размер пластического признака, мм				Критерий Стьюдента		*p* (same med.)
			диапазон		*m* ± SD				
	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	$t_{расч}$	$t_{табл}$	
Длина карапакса	8	5	1,9–8,9	4,1–6,8	4,2 ± 2,5	5,4 ± 1,0	1,27	2,23	0,164
Ширина карапакса	8	5	2,3–11,5	5,0–8,9	5,3 ± 3,3	6,9 ± 1,4	1,22	2,23	0,212
Длина абдомена	8	5	1,2–6,8	2,8–5,5	3,0 ± 1,9	4,0 ± 1,0	1,28	2,20	0,213
Ширина сегмента абдомена 1	8	5	0,8–3,8	1,8–3,1	1,8 ± 1,1	2,4 ± 0,5	1,50	2,23	0,212
Ширина сегмента абдомена 3	8	5	0,7–3,4	1,6–3,5	1,7 ± 1,0	2,5 ± 0,7	1,73	2,20	0,164
Ширина сегмента абдомена 4	8	5	0,4–2,4	1,4–3,5	1,2 ± 0,7	2,3 ± 0,8	2,58	2,31	0,048
Длина меруса переоподов 2	7	5	1,0–4,9	2,1–3,5	2,5 ± 1,4	2,9 ± 0,5	0,73	2,31	0,417
Ширина меруса переоподов 2	7	5	0,3–1,5	0,6–1,1	0,7 ± 0,4	0,9 ± 0,2	0,84	2,26	0,326
Высота меруса переоподов 2	7	5	0,2–1,0	0,5–0,8	0,5 ± 0,3	0,6 ± 0,1	1,02	2,31	0,248
Длина меруса переоподов 3	7	5	1,0–5,3	2,3–3,8	2,6 ± 1,6	3,1 ± 0,5	0,81	2,31	0,417
Ширина меруса переоподов 3	7	5	0,3–1,5	0,6–1,2	0,7 ± 0,4	0,9 ± 0,2	0,82	2,26	0,326
Высота меруса переоподов 3	7	5	0,2–1,0	0,5–0,8	0,5 ± 0,3	0,6 ± 0,1	1,02	2,31	0,248
Длина правой клешни	7	5	1,3–8,4	3,2–5,6	3,7 ± 2,7	4,3 ± 0,9	0,56	2,31	0,416
Длина ладони правой клешни	7	5	0,6–5,5	1,8–2,8	2,2 ± 1,8	2,4 ± 0,4	0,23	2,36	0,463
Ширина ладони правой клешни	7	5	0,6–4,5	1,4–2,7	1,9 ± 1,5	2,1 ± 0,5	0,38	2,31	0,623
Высота ладони правой клешни	7	5	0,3–2,9	0,9–1,6	1,2 ± 1,0	1,3 ± 0,3	0,30	2,36	0,512
Длина левой клешни	7	5	1,1–7,3	3,1–4,1	3,4 ± 2,2	3,8 ± 0,4	0,45	2,36	0,289
Длина ладони левой клешни	7	5	0,6–4,3	1,5–2,1	1,9 ± 1,3	1,9 ± 0,3	0,11	2,36	0,415
Ширина ладони левой клешни	7	5	0,4–3,6	1,4–1,9	1,6 ± 1,1	1,8 ± 0,2	0,31	2,36	0,512
Высота ладони левой клешни	7	5	0,3–2,3	0,8–1,1	1,0 ± 0,7	1,0 ± 0,1	0,09	2,36	0,613

Примечание: *N* – количество особей; *m* – среднее значение; SD – стандартное отклонение; *p* (same med.) – вероятность по критерию Манна – Уитни.

Размеры пяти самок составили: ДК 4,1–6,8 мм (5,4 ± 1,0 мм) и ШК 5,0–8,9 мм (6,9 ± 1,4 мм). Размеры восьми самцов достигали меньших, средних и больших максимальных значений, но достоверных различий не обнаружено: ДК – 1,9–8,9 мм (4,2 ± 2,5 мм), ШК – 2,3–11,5 мм (5,3 ± 3,3 мм), что в случае с меньшими, чем у самок средними величинами размеров тела могли объяснять небольшим оцененным материалом особей обоих полов в этой пробе. Результаты морфометрического анализа показали: проверка качества выборок оцениваемых пластических признаков выявила ненормальное распределение значений трех признаков у самок (длины, ширины и высоты ладони левой клешни). Распределение значений остальных признаков как у самцов, так и у самок оказалось нормальным. Оба критерия сравнения показали наличие достоверной разницы в значениях только по одному пластическому признаку – ширине сегмента абдомена 4 – у самок он был шире почти в два раза (на 96,5%). Для самцов и самок был проведен сравнительный анализ размеров правой и левой клешни с использованием критериев Стьюдента и Манна – Уитни (табл. 2). Леворуких особей не встречено. Достоверных различий в размерах клешней у особей обоих полов на данном материале не выявлено.

В пробе за 2025 г. размеры семи самок составили: ДК 8,0–10,5 мм (9,3 ± 0,9 мм) и ШК 10,6–13,8 мм (12,2 ± 1,2 мм). Размеры самцов достигали достоверно больших значений (разница составила 13–14%): ДК 7,8–13,6 мм (10,8 ± 1,4 мм) и ШК 10,5–17,8 мм (14,2 ± 2,0 мм).

Таблица 2

Сравнительный анализ размеров правой и левой клешней у самцов и самок *R. harrisii*, Таманский залив, 2020 г.

Название пластического признака	*N*, экз.		Размер пластического признака, мм				Критерий Стьюдента		*p* (same med.)
			диапазон		*m* ±SD				
	правая	левая	правая	левая	правая	левая	$t_{расч}$	$t_{табл}$	
самцы									
Длина клешни	7	7	1,3–8,4	1,1–7,3	3,7±2,7	3,4±2,2	0,23	2,18	0,700
Длина ладони клешни	7	7	0,6–5,5	0,6–4,3	2,2±1,8	1,9±1,3	0,38	2,20	0,749
Ширина ладони клешни	7	7	0,6–4,5	0,4–3,6	1,9±1,5	1,6±1,1	0,33	2,20	0,846
Высота ладони клешни	7	7	0,3–2,9	0,3–2,3	1,2±1,0	1,0±0,7	0,38	2,20	0,898

Окончание табл. 2

Название пластического признака	*N*, экз.		Размер пластического признака, мм				Критерий Стьюдента		*p* (same med.)
			диапазон		*m* ± SD				
	правая	левая	правая	левая	правая	левая	$t_{расч}$	$t_{табл}$	
самки									
Длина клешни	5	5	3,2–5,6	3,1–4,1	4,3 ± 0,9	3,8 ± 0,4	1,23	2,45	0,115
Длина ладони клешни	5	5	1,8–2,8	1,5–2,1	2,4 ± 0,4	1,9 ± 0,3	2,12	2,36	0,093
Ширина ладони клешни	5	5	1,4–2,7	1,4–1,9	2,1 ± 0,5	1,8 ± 0,2	1,38	2,57	0,113
Высота ладони клешни	5	5	0,9–1,6	0,8–1,1	1,3 ± 0,3	1,0 ± 0,1	2,02	2,45	0,084

Примечание: *N* – количество особей; *m* – среднее значение; SD – стандартное отклонение; *p* (same med.) – вероятность по критерию Манна – Уитни.

Оценка выборок с размерами пластических признаков у особей из пробы 2025 г. показала нормальное распределение данных для большинства признаков, кроме одного (высоты меруса переоподов 2). Сравнение размеров признаков с помощью критерия Манна – Уитни (применен в связи с малым количеством самок в пробе) (табл. 3) показало достоверные различия в размерах всех пластических признаков, кроме трех (длины абдомена, ширины сегмента абдомена 1 и высоты меруса переоподов 3). Определено, что ширина сегмента абдомена 3 и 4 у самок оказалась достоверно больше на 18 и 62% соответственно, чем у самцов. Остальные признаки были крупнее у самцов: мерус переоподов 2 длиннее, шире и выше на 13–20%, мерус переоподов 3 длиннее и шире на 14–19%, длина левой клешни, ее ширина и высота крупнее на 32–38%; те же признаки, оцененные для правой клешни, были крупнее на 28–32%.

Таблица 3

Размеры элементов экзоскелета самцов и самок *R. harrisii*, Таманский залив, 2025 г.

Название пластического признака	*N*, экз.		Размер пластического признака, мм				*p* (same med.)	%
			диапазон		*m* ± SD			
	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀		
Длина карапакса	27	7	7,8–13,6	8,0–10,5	10,8 ± 1,4	9,3 ± 0,9	0,012614	13,5
Ширина карапакса	27	7	10,5–17,8	10,6–13,8	14,2 ± 2,0	12,2 ± 1,2	0,016036	13,9
Длина абдомена	27	7	5,4–9,6	6,2–8,3	7,4 ± 0,9	7,4 ± 0,8	0,915110	–
Ширина сегмента абдомена 1	27	7	3,3–5,3	3,7–4,6	4,3 ± 0,5	4,2 ± 0,4	0,830580	–
Ширина сегмента абдомена 3	27	7	3,0–4,9	4,0–5,3	4,0 ± 0,5	4,7 ± 0,6	0,007540	18,0
Ширина сегмента абдомена 4	27	7	2,2–3,7	3,9–5,5	2,9 ± 0,4	4,8 ± 0,6	0,000059604	61,8
Длина меруса переоподов 2	27	7	4,3–8,1	4,1–5,7	6,2 ± 1,0	4,9 ± 0,6	0,006345	20,3
Ширина меруса переоподов 2	27	7	1,3–2,3	1,2–1,8	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,2	0,025848	13,8
Высота меруса переоподов 2	27	7	0,9–1,7	0,9–1,2	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,1	0,022874	14,5
Длина меруса переоподов 3	27	7	4,6–8,3	4,3–6,0	6,4 ± 1,0	5,2 ± 0,6	0,007224	18,6
Ширина меруса переоподов 3	27	7	1,4–2,5	1,3–1,8	1,8 ± 0,2	1,6 ± 0,2	0,014507	14,5
Высота меруса переоподов 3	27	7	0,9–1,7	0,9–1,3	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,2	0,8372	–
Длина правой клешни	25	7	7,4–18,0	6,9–8,7	11,4 ± 2,6	7,7 ± 0,8	0,00087295	32,2
Длина ладони правой клешни	25	7	4,3–11,4	3,9–5,0	7,1 ± 1,7	4,4 ± 0,4	0,00040871	37,7
Ширина ладони правой клешни	25	7	3,5–8,1	3,5–4,5	5,9 ± 1,3	3,9 ± 0,4	0,00061814	33,9
Высота ладони правой клешни	25	7	2,2–6,0	2,1–2,7	3,9 ± 1,0	2,4 ± 0,2	0,00037066	37,6
Длина левой клешни	26	7	6,3–13,2	5,5–8,4	9,8 ± 2,1	7,0 ± 1,0	0,00254	28,4
Длина ладони левой клешни	26	7	3,6–8,7	3,0–5,1	5,7 ± 1,4	3,9 ± 0,7	0,0023474	31,8
Ширина ладони левой клешни	26	7	2,9–6,8	2,6–4,6	4,7 ± 1,1	3,5 ± 0,6	0,009207	26,0
Высота ладони левой клешни	26	7	1,9–4,5	1,6–3,0	3,1 ± 0,7	2,1 ± 0,4	0,0044227	29,7

Примечание: *N* – количество особей; *m* – среднее значение; SD – стандартное отклонение; *p* (same med.) – вероятность по критерию Манна – Уитни; % – достоверная разница в средних значениях.

Кроме того, для самцов и самок, сохранивших при отборе проб обе клешни, проведен сравнительный анализ размеров правой и левой клешни с использованием критерия Манна – Уитни (табл. 4). Результаты показали достоверные различия их размеров у самцов: по всем пластическим признакам правая клешня была крупнее левой на 14–23%; «леворуких» особей не встречено.

Таблица 4

Сравнительный анализ размеров правой и левой клешней у самцов и самок *R. harrisii*, Таманский залив, 2025 г.

Название пластического признака	*N*, экз		Размер пластического признака, мм				*p* (same med.)	%
			диапазон		*m* ± SD			
	правая	левая	левая	левая	правая	левая		
самцы								
Длина клешни	25	25	7,4–18,0	6,3–13,2	11,4 ± 2,6	9,7 ± 2,1	0,033559	14,9
Длина ладони клешни	25	25	4,3–11,4	3,6–8,7	7,1 ± 1,7	5,6 ± 1,3	0,0050318	21,1
Ширина ладони клешни	25	25	3,5–8,1	2,9–6,8	5,9 ± 1,3	4,6 ± 1,1	0,0011802	22,0
Высота ладони клешни	25	25	2,2–6,0	1,9–4,5	3,9 ± 1,0	3,0 ± 0,7	0,0018177	23,1
самки								
Длина клешни	7	7	6,9–8,7	5,5–8,4	7,7 ± 0,8	7,0 ± 1,0	0,20034	–
Длина ладони клешни	7	7	3,9–5,0	3,0–5,1	4,4 ± 0,4	3,9 ± 0,7	0,10944	–
Ширина ладони клешни	7	7	3,5–4,5	2,6–4,6	3,9 ± 0,4	3,5 ± 0,6	0,10552	–
Высота ладони клешни	7	7	2,1–2,7	1,6–3,0	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,4	0,063044	–

Примечание: *N* – количество особей; *m* – среднее значение; SD – стандартное отклонение; *p* (same med.) – вероятность по критерию Манна – Уитни; % – достоверная разница в средних значениях.

Нужно отметить, что ряд результатов анализа особей краба с Таманского залива, собранных в 2020 и 2025 гг., схожи с таковыми, полученными нами ранее при исследовании более объемных материалов вида залива за 2011 и 2021 гг. [9, 10]: в пробах доминировали самцы, для всех признаков (кроме ширины сегмента абдомена 3) отмечен половой диморфизм с более крупными размерными характеристиками у самцов; у особей обоих полов более крупными были правые клешни. Вероятно, эти особенности морфологии в целом характерны для популяции вида Таманского залива.

Работа выполнена в рамках сотрудничества с ИО им. П.П. Ширшова и как часть темы ИП НИР ФГБОУ ВО «КГТУ» «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана» (Рег. № 13.13.029.2).

Литература

1. *Залота А.К.* Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) в морях России и сопредельных водах: Дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2017. – 255 с.

2. *Payen G.G., Bonami J.R.* Mise en évidence de particules d'allure virale associées aux noyaux des cellules mésodermiques de la zone germinative testiculaire du crabe *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) (Brachyura, Xanthidae) // Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes. – 1979. – Vol. 43. – P. 361–365.

3. Самые опасные инвазионные виды России (Топ–100) / Под ред. Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2018. – 688 с.

4. *Судник С.А., Поддуева Е.А.* Биология крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Южно-Китайского моря // Известия КГТУ. – 2019. – № 52. – С. 43–59.

5. *Овчарук А.С.* Разработка методики морфометрического анализа для краба Харриса, *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841) (Brachyura: Panopeidae) и первые результаты морфометрии вида из Таманского залива Азовского моря // Материалы II Нац. науч.-техн. конф. студентов и курсантов «Дни науки» (10–22 апреля 2023 г.). – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – С. 151–156.

6. *Sacristán H.J., Rodríguez Y.E., Pereira N. De Los A. et. al.* Energy reserves mobilization: Strategies of three decapod species // PLoS One. – 2017. – Vol. 12 (9). – 19 p.

7. *Kiiskinen E.* Predator–prey dynamics under variable salinity in the Baltic Sea: the case of an invasive predatory crab, *Rhithropanopeus harrisii* and a native mussel, *Mytilus trossulus*: Master's thesis: Ecology and Evolutionary Biology // Essi Kiiskinen: University of Turku. – Turku, 2020. – 47 p.

8. *Кауфман З.С.* Эволюция размножения пола. – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 1994. – Т. 2. – 190 с.

9. *Овчарук А.С., Судник С.А.* Некоторые данные по биологии краба *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841) (Brachyura: Panopeidae) Азовского моря летом 2011 г. // Известия КГТУ. – 2025. – № 76. – С. 11–24.

10. *Овчарук А.С., Судник С.А.* Размеры, половой состав, особенности морфологии краба Харриса, *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841) (Brachyura: Panopeidae), Таманский залив, 2021 г. // Известия КГТУ. – 2026. – № 80. – С. 24–37.

УДК 595.384.12(268.52+268.53)

С.А. Перевизник, С.А. Судник

Калининградский государственный технический университет,
Калининград, 236022
e-mail: sofa.pereviznik@bk.ru

ПОЛОВОЙ СОСТАВ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ, *PANDALUS BOREALIS* KRØYER, 1838 (CRUSTACEA: DECAPODA: PANDALIDAE) ИЗ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И КАРСКОГО В 2018, 2020–2023 ГОДАХ

Северная креветка – *Pandalus borealis* – значимый объект промысла в Северной Атлантике. Приведены первые данные по половому составу креветки в пробах, собранных в морях Карском и Лаптевых в 2018 г., 2020–2023 гг., его сезонной и батиметрической изменчивости. В результате исследования выявлено присутствие особей всех возможных половых категорий в пробах с обоих морей, при преобладании в пробах с моря Лаптевых самцов, а с Карского моря – ювенильных особей. В море Лаптевых ювенильные особи были численно более обильны на меньших глубинах, особи остальных половых категорий чаще встречались на больших глубинах. В Карском море особи всех половых категорий численно преобладали на средних глубинах. Большинство переходных особей в обоих морях пойманы на тех же глубинах, что и большинство самцов. Обнаруженные отличия могут быть связаны с разной гидрологией морей, вертикальной сепарацией и сезонной изменчивостью глубин обитания особей разных полов и с известными для вида суточными миграциями.

Ключевые слова: *Pandalus borealis,* море Лаптевых, Карское море, половой состав, протерандрический гермафродит.

S.A. Pereviznik, S.A. Sudnik

Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, 236022
e-mail: sofa.pereviznik@bk.ru

SEX COMPOSITION OF THE NORTHERN SHRIMP, *PANDALUS BOREALIS* KRØYER, 1838 (CRUSTACEA: DECAPODA: PANDALIDAE) FROM THE LAPTEV AND KARA SEAS IN 2018, 2020–2023

The northern shrimp *Pandalus borealis* is an important commercial species in the North Atlantic. The first data on the sex composition of shrimp in samples collected in the Kara and Laptev Seas in 2018, 2020–2023 and its seasonal and bathymetric variability were presented. As a result of the study the presence of individuals of all possible sex categories was revealed in samples from both seas, with a predominance of males in samples from the Laptev Sea and juvenile individuals in samples from the Kara Sea. In the Laptev Sea juvenile individuals were more abundant at shallower depths, while individuals of other sex categories were more common at greater depths. In the Kara Sea individuals of all sex categories were more abundant at medium depths. Most intersexual individuals in both seas were caught at the same depths as most males. The differences found may be related to the different hydrology of the seas, vertical separation and seasonal variability in the depths inhabited by individuals of different sexes, as well as the daily migrations known for the species.

Key words: *Pandalus borealis*, Laptev Sea, Kara Sea, sex composition, protandrous hermaphrodite.

Северная креветка, *Pandalus borealis*, – широко распространенный у Северной Америки и Евразии (82°-35° с. ш., 180°-180° в. д.) бентопелагический (глубины 9–1 450 м, обычно 50–500 м, при температуре 2–12°С), массовый вид десятиногих раков [1, 2]. Вид – протерандрический гермафродит: с ювенильных особей развивается в самцов, затем в возрасте около трех лет меняет пол и до конца жизни существует в качестве самок. Этот детритофаг, хищник и некрофаг – важный компонент гидробиоценозов, встречается в питании многих животных (трески, пикши, мор-

ского окуня) [3]. *P. borealis* – один из самых важных промысловых видов каридных креветок Северной Атлантики: его общий годовой вылов в 2018 г. достигал 173 тыс. т [4]. Важность его изучения несомненна для всех частей ареала. Цель данной работы – дать характеристику полового состава *P. borealis* из Карского и Лаптевых морей в 2018 г. и в 2020–2023 гг.

Материал исследований – 19 проб северной креветки, *P. borealis* (299 экз.), собранных тралом Сигсби (размер ячеи 7 мм) сотрудниками ИО РАН им. П.П. Ширшова в 2018 и 2020–2023 гг. в разных районах Карского и Лаптевых морей на глубине от 64 до 517 м (табл. 1).

Таблица 1

Использованный материал *Pandalus borealis*

Дата	Станция	Водоем	Координаты сбора проб	Глубина, м	Количество особей, экз.
26.08.2018	5947	море Лаптевых	76°46′ с. ш. 125°49′–125°48′ в. д.	72–72	7
	5949		77°05′ с. ш. 125°49′–125°51′ в. д.	517–498	34
28.08.2018	5953		76°53′ с. ш. 127°48′–127°49′ в. д.	64–64	16
03.09.2018	5967		78°18′ с. ш. 113°53′–113°55′ в. д.	422–416	4
04-05.09.2018	5969		77°49′ с. ш. 110°13′ в. д.	275–274	24
17.08.2018	5990	Карское море	72°21′ с. ш. 57°54′ в. д.	325–325	2
02.09.2020	6878		74°01′ с. ш. 65°12′ в. д.	175–175	1
04.09.2020	6884		76°38′ с. ш. 71°15′ в. д.	230–230	64
21.09.2020	6876		70°13′ с. ш. 57°16′ в. д.	137–137	12
27.06.2021	7022		77°25′ с. ш. 77°32′ в. д.	219–219	66
28.06.2021	7024		76°38′ с. ш. 71°15′ в. д.	223–223	8
24.09.2022	7473		75°38′ с. ш. 63°38′ в. д.	57–57	1
01.10.2022	7498		80°54′ с. ш. 81°39′ в. д.	197–197	34
02.10.2022	7500		79°44′ с. ш. 83°02′ в. д.	82–82	1
03.10.2022	7503		78°01′ с. ш. 87°37′ в. д.	103–103	14
21.10.2023	7678		80°12′ с. ш. 79°09′ в. д.	197–197	1
	7680		79°12′ с. ш. 82°07′ в. д.	150–150	1
22.10.2023	7682		77°47′ с. ш. 84°54′ в. д.	187–187	8
31.10.2023	7702		70°40′ с. ш. 63°86′ в. д.	157–157	1

Для исследования в т. ч. полового состава креветок подвергали комплексному лабораторному биологическому анализу, включающему ряд методик [6–8]. Определение пола проводилось на основании: наличия и степени развития appendix masculina на эндоподите плеоподов 2 (А.М.; совокупительный придаток; наличие характеризует самцов; у самок его нет) и по форме эндоподита плеоподов 1 (Э1; у самцов здесь развивается копуляторный вырост, КВ; у самок его нет). Для более точного определения состояния вторичных половых признаков у креветок, дифференциации ювенильных особей, самцов на разных стадиях развития, особей, меняющих пол (переходных или интерсексуальных) и самок использована шкала для определения морфологического и функционального состояния репродуктивной системы, учитывающая *форму КВ* на эндоподите 1, состояние appendix masculina на эндоподите 2, состояние стернальных шипов абдоминального стернита 1, состояние жестких щетинок на appendix masculina [9–12].

Результаты

1. Море Лаптевых

Среди 85 особей, собранных в конце августа – начале сентября 2018 г., несколько доминировали самцы – их было в 1,4 раза больше, чем ювенильных особей, в 2,3 раза больше, чем самок, и в 6 раз больше, чем интерсексуальных особей.

Анализ соотношения полов в отдельных пробах показал, что в 50% из них также численно преобладали самцы.

Ювенильные особи встречены в 80% проб (что говорит о вылуплении личинок в летний период), на разных глубинах (от 72 до 517 м), при этом в большем количестве – на меньших глубинах (64–72 м). Самцы отмечены во всех пробах на глубинах 64–517 м, несколько преобладая по численности на больших глубинах (с 274 м). Интерсексуальные особи – в 40% проб, на больших глубинах (274–517 м). Самки встречены в 60% проб, на тех же, что и самцы, глубинах, преобладая на больших глубинах (более 400 м). Итого, ювенильные особи были численно более

обильны на меньших глубинах, тогда как особи остальных половых категорий чаще встречались на больших глубинах (274–517 м).

Анализ батиметрического распределения особей разных полов выявил: в глубоководных пробах (416–517 м) самцы или существенно доминировали над особями других половых категорий (над ювенильными и интерсексуальными особями – в 5,6–9,3 раза, над самками – в 1,5 раза), или самцы встречались единично, как и самки. В пробе со средних глубин (около 275 м) доминирование самцов над ювенильными особями и интерсексуальными особями было значительным и сравнимым (в 5–8 раз), а над самками – меньше – почти в четыре раза. Пробы с малых глубин (64–72 м) состояли из ювенильных особей или с присутствием единичных самцов.

2. Карское море

Среди 214 креветок, собранных с конца июня по конец октября 2018–2023 гг., преобладали ювенильные особи: их было в 2,6 раза больше, чем самцов, почти в три раза больше, чем интерсексуальных особей, и в 2,2 раза больше, чем самок.

Ювенильные особи встречены в пробах июня, сентября и начала октября, на глубинах 57–230 м, при этом преимущественно на больших глубинах (219–230 м). Самцы отмечены в пробах июня, сентября и октября на средних глубинах (82–230 м), в несколько больших количествах – с глубины около 200 м. Малочисленные интерсексуальные особи были в пробах с конца июня до конца октября, тоже на средних глубинах (103–230 м), также преобладая на глубине около 200 м. Самки встречены в пробах с конца июня до конца октября (доминировали в сентябре) на средних глубинах (103–230 м), преобладая на глубине 230 м. Итого, особи всех половых категорий встречались в пробах с июня по октябрь, численно преобладая на средних глубинах (около 200 м).

Анализ соотношения полов в пробах выявил: в 31% проб численно доминировали ювенильные особи (глубины 103–230 м), при этом больше в пробах лета и начала осени; они могли численно преобладать над самцами – в 1,5–7,2 раза, над переходными особями – в 2–16 раз, над самками – в 1,3–11 раз. Самцы в пробах встречены в небольших количествах (до 12 экз. в пробе); в 30% проб их численность приближалась к таковой у переходных особей и была больше таковой самок в 3–4 раза; в остальных пробах их было меньше, чем самок в 5–7 раз, или их количество было сравнимым, или были встречены только единичные самцы. Количество встреченных в пробах переходных особей тоже было небольшим (до 13 экз. в пробе), их доля в более многочисленных пробах варьировала от 3 до 32%; большинство особей отмечено в осенних пробах. Значительное количество переходных особей было ранее описано в осенних пробах вида из залива Мэн [13]. Большинство самок встречено в пробе начала сентября (25 особей, 56% от всех самок), здесь они численно немного уступали ювенильным особям и преобладали над самцами и переходными особями в 5 и 12 раз, соответственно; в целом, доля самок в более крупных пробах варьировала от 6 до 39%.

Обсуждение результатов

Среди креветок, собранных в море Лаптевых в августе – сентябре 2018 г. на глубинах 72–517 м, доминировали самцы, а в Карском море – в 2018, 2020–2023 гг. с июня по октябрь на меньших глубинах (57–230 м) преобладали ювенильные особи. Это, в общем, может быть вызвано многими причинами – отличиями в гидрологии морей (в т. ч. температуре на разных глубинах), в диапазоне глубин лова, разной продолжительности лова, сезонной изменчивости предпочтений креветками разных половых категорий разных условий среды и т. д.

Анализ сезонной изменчивости полового состава показал, что ювенильные особи преобладали в Карском море в пробах конца июня и сентября, в море Лаптевых – в конце августа, что говорит о вылуплении здесь личинок в летний период. Самцы, переходные особи и самки встречены в пробах с обоих морей во все месяцы исследований.

Сравнение батиметрического распределения особей разных половых категорий с морей Лаптевых и Карского в летне-осенний период показало следующее. Ювенильные особи преобладали в морях на разных глубинах: в море Лаптевых – на малых, а в Карском море на средних – около 200 м. Большинство самцов в море Лаптевых выловлено с больших глубин (275 м и около 500 м; август – сентябрь), чем в Карском море – со средних глубин (около 200 м; июнь, сентябрь, октябрь). Интересно, что большинство переходных особей, как в море Лаптевых, так и в Карском море, были пойманы на тех же глубинах, что и большинство самцов, только в море Лаптевых это были более глубокие воды (275 м и около 500 м), а в Карском море – средние глубины (около 200 м). Закономерности батиметрического распределения самок в обоих морях сравнимы с тако-

вым у самцов: большинство самок в море Лаптевых выловлены с больших (около 500 м), а в Карском море – со средних глубин. Вывод: в целом особи всех половых категорий, кроме ювенильных, в море Лаптевых были собраны с больших глубин, чем в Карском море. Обнаруженные отличия могут быть связаны как с разным температурным режимом в морях на схожих глубинах, так и с сезонной изменчивостью глубин обитания особей разных полов и с известными для вида суточными миграциями [2], и с причинами, описанными при обсуждении результатов выше.

При сравнительном анализе своих результатов с данными по половому составу вида в пробах из других частей ареала (табл. 2) выяснился недостаток данных других авторов о присутствии в пробах ювенильных особей (их часто не ловили или не учитывали, объединяя с самцами) и интерсексуальных особей (их, например, в исследованиях по банке Флемиш-Кап и Ньюфаундлендской котловине, объединяли в единую половую категорию с самками) [14–19].

Таблица 2

Половой состав особей *P. borealis* в разных частях ареала

Водоем	Сезон, год	Половой состав особей (доля, %)				Источник
		ювенильные особи	самцы	переходные особи	самки	
Карское море	лето, 2018	–	–	–	100	наши данные
	осень, 2020	52	10	3	35	
	лето, 2021	58	9	18	15	
	осень, 2022	30	34	28	8	
	осень, 2023	–	45	45	10	
Море Лаптевых	лето, 2018	42	35	5	18	
	осень, 2018	7	61	11	21	
Баренцево море	зима, 1972	–	2	39	59	[14]
	весна, 1972	–	1	43	56	
Банка Флемиш-Кап	лето, 2001	–	51	–	49	[15]
	лето, 2005	–	74	–	26	[16]
	лето, 2017	–	32	–	68	[17]
	лето, 2020	–	21	–	79	[19]
Ньюфаундлендская котловина	лето, 2018	–	92	–	8	[18]

Данные причины не позволили адекватно сравнить ни половой состав, ни обилие особей разных половых категорий вида в разных частях современного ареала. Возможно только предположить следующее: присутствие ювенильных особей в пробах лета и начала осени указывало на вылупление личинок в летний период; самцы и, похоже, и переходные особи, встречались, в целом круглогодично, доминируя в пробах лета – осени, а в Баренцевом море их доля была значительна в зимне-весенний период, что, впрочем, может быть связано с переоценкой их численности при отсутствии анализа состояния гонад; самки, вероятно, могут встречаться в пробах круглогодично.

Полученные существенные вариации в соотношении полов у северной креветки в пробах с моря Лаптевых и с Карского моря могли быть связаны с вертикальной сепарацией особей разных полов, с различиями в глубинах сбора креветок, с другой стороны, это могло быть и результатом различных условий обитания особей в разных морях. Поскольку для данного вида известна выраженная изменчивость вертикального распределения, связанная с изменениями температурного режима, солености, влиянием течений, хищников в разных водоемах, и из-за наличия суточных миграций [2], для более точной оценки полученных результатов необходим дальнейший мониторинг состояния популяций северной креветки в морях Лаптевых и Карском, особенно с учетом малой изученности *P. borealis* в данных водоемах.

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам института им. Ширшова и А.К. Залота за переданный материал.

Работа выполнена в рамках сотрудничества с ИО им. П.П. Ширшова и как часть темы ИП НИР ФГБОУ ВО «КГТУ» «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана» (Рег. № 13.13.029.2).

Литература

1. *Иванов Б.Г., Соколов В.И.* Аномалии в развитии вторичных половых признаков у северной креветки *P. borealis* (Crust., Decap., Pandalidae) // Зоологический журнал. – 1997. – Т. 76, № 2. – С. 133–141.

2. Synopsis of biological data on the pink shrimp (*Pandalus borealis*, Kroyer, 1838): NOAA Techn. Rep. NMFS 30 / *S.E. Shumway, H.C. Perkins, D.F. Schick, A.P. Stickney*. – 1985. – 57 p.

3. *Буруковский Р.Н.* Питание и пищевые взаимоотношения креветок. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 409 с.

4. The FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Yearbook of fishery and aquaculture statistics – 2017. – FAO, 2019. – 639 p.

5. World Register of Marine Species: *Pandalus borealis* [Электронный ресурс]. – URL: https://www.marinespecies.org/ (дата обращения: 11.08.2025)

6. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России / *С.А. Низяев, С.Д. Букин, А.К. Клитин*. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. – 114 с.

7. *Казимирченко О.В., Буруковский Р.Н.* Болезнь «чёрных жабр» у креветок *Crangon crangon* (L.) юго-восточной части Балтийского моря (Куршская коса) // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Материалы науч. конф. (25-26 сентября 2013 г.) – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – С. 252–253.

8. *Sudnik S.A., Falkenhaug T.* The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps // Наука и общество в условиях глобализации: Материалы Н34 междунар. науч-практ. конф. (21-22 апреля 2014 г.) – Уфа: «РИО ИЦИПТ», 2014. – С. 7–11.

9. *Allen J.A.* On the biology of *Pandalus borealis* Kroyer, with reference to a population off the Northumberland coast // Jornal of the Marine Biological Association of the Unined Kingdom. – 1959. – Vol. 38. – P. 189–220.

10. *Krol R.M.* Reproductive components // Microscopic anatomy of invertebrates. Vol. 10: Decapod Crustacea. – U.S.: Wiley-Blackwell, 1992. – P. 295–343.

11. *Буруковский Р.Н.* Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных: материалы науч. конф. – Москва: ВНИРО, 1992. – С. 77–84.

12. *Судник С.А.* О проблеме определения пола у креветок-гермафродитов (Crustacea, Decapoda, Caridea) // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Материалы науч. конф. (19–24 сентября 2016 г.) – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – С. 305–309.

13. *Clark S.H.* The Gulf of Maine northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery: a review of the record // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. – 2000. – С. 193–226.

14. *Брязгин В.Ф.* Глубоководная креветка Баренцева моря: биология, распределение и промысел. – Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1981. – 72 с.

15. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on Flemish Cap in July 2001 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nafo.int/Portals/0/PDFs/sc/2001/scr01-172.pdf (дата обращения: 22.01.2026)

16. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on Flemish Cap in 2005 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nafo.int/Portals/0/PDFs/sc/2005/scr05-078.pdf (дата обращения: 22.01.2026)

17. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on Flemish Cap in 2017 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nafo.int/Portals/0/PDFs/sc/2017/scr17-064.pdf (дата обращения: 22.01.2026)

18. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) in NAFO Div. 3LNO in 2018 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nafo.int/Portals/0/PDFs/sc/2018/scr18-063.pdf (дата обращения: 22.01.2026)

19. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on Flemish Cap in July 2020 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nafo.int/Portals/0/PDFs/sc/2020/scr20-064.pdf (дата обращения: 22.01.2026)

УДК [597:556.55](470.25)

Е.С. Пимеенко, С.О. Северин, В.Б. Антипова

Псковский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПсковНИРО), Псков, 180007
e-mail: pskovniro@vniro.ru

ОБЗОР РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ МАЛЫХ ОЗЕР ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

На основе опубликованных научных трудов, данных обследований малых озер сотрудниками ПсковНИРО и официальной рыбопромысловой статистики проанализированы и обобщены сведения о видовом составе ихтиофауны малых озер Псковской области, установлено их распределение по фаунистическим комплексам, по отношению к температуре, питанию, нерестовому субстрату, времени нереста; выявлены тенденции многолетнего изменения в структуре ихтиоценозов; выделены аспекты, требующие дальнейшего изучения.

Ключевые слова: рыбы, рыбное население, ихтиофауна, малые озера, Псковская область.

E.S. Pimeenko, S.O. Severin, V.B. Antipova

Pskov branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (PskovNIRO), Pskov, 180007
e-mail: pskovniro@vniro.ru

FISH POPULATION OF SMALL LAKES IN THE PSKOV REGION

In this paper, authors have analyzed published research papers, data from small lakes surveys conducted by PskovNIRO staff, and official fisheries statistics. They summarized data on the ichthyofauna species composition in small lakes in the Pskov Region, established fishes' affiliation to faunistic complexes, determined fish's proportions in relation to temperature, nutrition, spawning substrate, and spawning time, identified trends in long-term changes of ichthyocenosis structure, and highlighted problems requiring further study.

Key words: fish, fish population, ichthyofauna, small lakes, Pskov Region.

На территории Псковской области расположено свыше 3 700 средних и малых озер общей площадью 1 161 км^2 [1]. К их особенностям можно отнести небольшие размеры: только 6% озер имеют площадь от 100 до 5 726 га; мелководность: только 4% озер имеют средние глубины от 6 до 17 м; большое количество (около 43%) бессточных озер. Только около 300 водоемов общей площадью до 910 км^2 являются рыбопромысловыми. В настоящее время промысловый лов на малых водоемах Псковской области не развит, отмечается небольшими объемами добычи и неселективным промыслом.

Целями настоящего исследования являются характеристика разнообразия современной ихтиофауны малых озер региона; выявление многолетней динамики структуры их ихтиоценозов на основе анализа и обобщения доступных сведений; идентификация проблем для последующей актуализации данных.

Видовой состав ихтиофауны малых озер региона определен на основе обобщения опубликованных материалов, сведений Псковского отделения ГосНИОРХ (в настоящее время Псковский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), включая результаты многолетних обследований озер Псковской области, информации из электронной базы данных малых озер Псковской области, а также данных экспедиционных исследований ПсковНИРО 2017–2025 гг. и официальной рыбопромысловой статистики.

В составе ихтиофауны Псковской области насчитывается 38 видов рыб и два вида круглоротых, относящихся к 11 отрядам, 16 семействам и 36 родам. В их число входят аборигенные и эндемичные виды, а также два вида из других ареалов: серебряный карась, акклиматизировавшийся и сформировавший промысловые популяции в некоторых озерах области в 50–60-е годы XX в.

и инвазивный ротан-головешка, проникший в некоторые водоемы и населяющий сегодня отдельные небольшие, преимущественно замкнутые, озера и пруды в некоторых районах области. Из них малые озера населяют 34 вида рыб и 1 вид круглоротых. В список обитателей малых озер не включены такие виды, как чудской сиг (*Coregonus maraenoides*), сырть (*Vimba vimba*,) заходы которых отмечались в отдельные годы в некоторые озера, а также кумжа (*Salmo trutta L.* morpha *fario*), наличие которой в озерах отмечалось еще О.А. Шкапским [2] и речная минога (*Lampetra fluviatilis*). Данные о наличии этих видов требуют тщательной проверки. Следует отметить, что в предлагаемый обзор рыбного населения не включен ротан (*Perccottus glenii*), поскольку данных для анализа недостаточно.

Рыбное население малых озер региона характеризуется широкой вариабельностью видового состава постоянных обитателей: в зависимости от характеристик и ихтиологического типа озер в их рыбных сообществах могут насчитываться от 1 до 32 видов рыб. Как справедливо отмечают некоторые авторы [3], наиболее богатый состав рыбного населения отмечается в более крупных по площади и глубоких водоемах. Например, 29,5% озер Бежаницкого района составляют карасевые и окуневые, а их постоянными обитателями являются по два вида: карась, вьюн или окунь, вьюн. Это маленькие по площади, как правило, глухие, озера болотного массива. В то же время в озерах Ремдовского заказника число видов в разных водоемах колеблется от 10 до 21 [4], а в оз. Жижицком по разным данным описано 27 видов рыб.

Видовой состав рыбного населения псковских водоемов характеризуется зоогеографической неоднородностью, обусловленной, в первую очередь, историей зарождения и развития гидрографической сети на территории региона. К факторам, способствовавшим формированию ихтиофауны некоторых водоемов региона можно отнести также акклиматизацию некоторых видов. Хотя ее результаты очень редко приводили к возникновению самовоспроизводящихся популяций рыб в водоемах, как и в других регионах [5], тем не менее можно привести пример возникновения популяций новых видов рыб: с середины XX в. постоянным обитателем некоторых озер региона стал серебряный карась.

С точки зрения *географического районирования*, рыб малых озер области можно отнести к семи фаунистическим комплексам, выделенным Никольским [6] – группам видов, связанных общностью географического происхождения, развитием в одной географической зоне, к абиотическим и биотическим условиям которой они приспособились в процессе своего становления.

Арктический пресноводный комплекс представляют три вида: налим, ряпушка европейская, снеток (корюшка европейская).

Бореальный предгорный комплекс представляют три вида: гольян речной, подкаменщик обыкновенный, усатый голец.

Бореальный равнинный комплекс представлен двенадцатью видами, к которым относятся: голавль, елец, ерш, карась обыкновенный, карась серебряный, линь, окунь, пескарь, плотва, щиповка, щука, язь.

Пресноводный амфибореальный комплекс, или древний верхнетретичный, представляют три вида рыб – вьюн, сом европейский, судак обыкновенный и один вид круглоротых (представителей наиболее древних рыбообразных) – минога ручьевая.

Понтический пресноводный комплекс включает девять видов: быстрянка, верховка, густера, жерех, красноперка, лещ, синец, уклейка, чехонь.

Арктический морской комплекс представлен двумя видами: колюшка трехиглая, колюшка девятииглая.

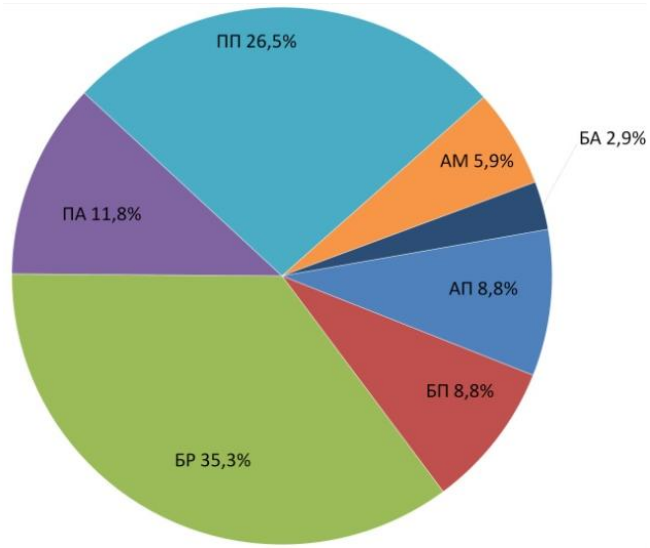
Бореальный атлантический комплекс (морской) представлен в регионе единственным видом – речным угрем.

Таким образом, большинство рыб региона относятся к бореальному равнинному и понтическому пресноводному фаунистическим комплексам (рисунок).

Абсолютное большинство видов, населяющих водоемы и водотоки нашей области, являются *непроходными*. Европейская корюшка (снеток) представлена жилой формой. Исключение составляет угорь – катадромный вид, который обитает и нагуливается в пресных водах, после чего мигрирует в море для нереста.

По *отношению к температурному режиму* рыб водоемов Псковской области можно разделить на три экологические группы. 20,6% видов составляют холодолюбивые, а также относительно холодолюбивые виды: ряпушка, снеток, налим, колюшка девятииглая, колюшка трехиг-

лая, гольян, бычок-подкаменщик. Вторая, наиболее многочисленная группа (50%), включает тепловодные и относительно тепловодные виды, преимущественно выходцев из Понто-Каспийского бассейна, таких как быстрянка, верховка, жерех, лещ, линь, синец, сом, судак, угорь, чехонь, уклейка, голавль, густера, карась обыкновенный, карась серебряный, красноперка, пескарь. Третью группу (29,4%) составляют эвритермные виды, приспособившиеся к жизни как в теплых, так и прохладных водоемах: вьюн, елец, ерш, окунь речной, плотва, усатый голец, щиповка, щука, язь.



Распределение ихтиофауны Псковской области по фаунистическим комплексам: АП – Арктический пресноводный комплекс; БП – Бореальный предгорный комплекс; БР – Бореальный равнинный комплекс; ПА – Пресноводный амфибореальный комплекс; ПП – Понтический пресноводный комплекс; АМ – Арктический морской комплекс; БА – Бореальный атлантический комплекс

По *характеру питания* рыбы псковских водоемов распределяются на пять групп, в зависимости от преобладающего типа пищи: бентофаги (26,5%), планктофаги (20,6%), хищники (17,6%), эврифаги (32,4%) и фитофаги (2,9%). Следует отметить, что это деление, в определенной степени, условно. Довольно часто характер питания может меняться с возрастом или в зависимости от условий обитания.

Время нереста у различных видов рыб приходится на разное время года. Более половины (61,8%) видов рыб (быстрянка, вьюн, голавль, гольян речной, елец, ерш, жерех, лещ, окунь, пескарь, плотва, подкаменщик, синец, снеток, судак, усатый голец, чехонь, щука, язь) являются весенне-нерестующими. 20,6% начинают нерест весной и заканчивают летом (верховка, колюшки, красноперка, линь, угорь, щиповка, минога ручьевая). 11,8% видов (караси, сом, густера) нерестятся летом. У ряпушки нерест проходит осенью, преимущественно поздней. Налим нерестится зимой. Как известно, одним из главных факторов, обусловливающих сроки нереста, является температура воды. При понижении температуры воды нерест временно прерывается, возобновляясь только при повышении ее до уровня нерестового порога. И наоборот, если температура воды не прогрелась до необходимого уровня, сроки нереста сдвигаются в более позднюю сторону.

По *характеру икрометания* можно выделить две группы, количество видов в которых различается незначительно: 55,9% видов характеризуются порционным икрометанием и 44,1% – единовременным.

По *характеру нерестового субстрата* абсолютное большинство (41,2%) составляют фитофилы, 32,4% видов предпочитают откладывать икру на песчаной, песчано-галечной и галечно-песчаной поверхности, 11,8% являются литофилами и 5,9% – пелагофилами. 8,8% индифферентны к нерестовому субстрату. При этом 14,7% видов строят или готовят гнезда для откладывания икры и активно охраняют свое потомство до выклева личинок из икры, являясь преимущественно фитофильно-гнездующими, т. е. кучно откладывающими оплодотворенную икру в гнезда из растений или среди них.

Л.А. Жаков [7] проанализировал рыбное население 530 малых озер области, в каждом из которых обитало не более 11 видов рыб. В общей сложности им было установлено 249 различных ихтиоценозов. Анализ выявил, что в большинстве из них ядра рыбных сообществ (виды, которые обязательно имеются в водоемах), состояли из рыб бореального равнинного комплекса и насчитывали всего четыре вида: плотву, окуня, щуку, ерша. Для маркирующей части, не имеющей определенного состава, было характерно обилие рыб понтокаспийского пресноводного комплекса (лещ, густера, красноперка, уклейка, линь) и верхнетретичного комплекса (сом, вьюн). Именно они, по мнению Л.А. Жакова, создавали своеобразие сообществ. В ограниченном числе озер встречались снеток и ряпушка, характерные для арктического пресноводного комплекса.

Анализ ихтиофауны 2 962 малых озер, включенных в электронную базу данных малых озер Псковской области, показывает, что наиболее часто встречающимися в них видами являются вьюн, обитающий в 97,8% озер, окунь, отмеченный в 88%, карась в 80,2%, щука в 72,4%, плотва в 68,3% озер. Ерш обитает в 41,6% озер.

Наиболее редкими видами, входящими в состав ихтиоценозов малых озер, являются судак, угорь, ряпушка, синец, жерех, снеток, чехонь. Следует отметить, что данные о наличии угря в озерах могли устареть и требуют уточнения [8].

В таблице указаны количество и процент их встречаемости по отношению к общему числу озер области.

Процент встречаемости редких видов рыб в малых озерах Псковской области

Вид	Количество озер	% встречаемости
Угорь речной	92	3,1
Судак	85	2,9
Ряпушка	46	1,6
Синец	17	0,6
Жерех	12	0,4
Снеток	10	0,3
Чехонь	1	0,03

Из всех видов рыб, обитающих в малых озерах Псковской области, только около шести имеют промысловое значение: судак, лещ, щука, окунь, плотва, налим. Специализированный лов таких видов, как густера, красноперка, линь, уклейка, язь, ерш не производится: эти виды имеют значение для любительского рыболовства.

Длительное воздействие антропогенных, биотических и абиотических факторов оказывает влияние на структуру ихтиоценозов. К факторам, оказывающим наиболее сильный эффект на рыбное население водоемов, некоторые авторы [9, 10] относят эвтрофирование, изменения концентраций органического азота и фосфора, неуклонное сокращение количества зоопланктона, понижение уровня и рост температуры воды.

Анализ литературы и данных ПсковНИРО показывает, что в ихтиоценозах малых озер региона с середины XX в. до настоящего времени происходят определенные изменения.

Можно отметить сокращение численности популяций арктического пресноводного комплекса, в первую очередь, снетка и ряпушки. Так, уловы снетка в малых озерах 40–50-е гг. составляли до 51,8 т, 60–70-е до 41,7 т. В середине XX в. в оз. Жижицком снеток играл ведущую роль в промысле. Однако его запасы и уловы начали сокращаться уже в восьмидесятые годы прошлого века и к середине 90-х гг. составляли не более – 0,8 т в год. В настоящее время запасы снетка в малых озерах не позволяют организовать его стабильный промысловый лов. С 1998 по 2023 гг. снеток в уловах не отмечен, за исключением 2009–2010 гг., когда вылов вида составил 0,4–0,6 т. Аналогичная ситуация произошла с запасами ряпушки. По данным промысловой статистики уловы ряпушки достигали 7 т [11]. В настоящее время ее уловы составляют 0,2–0,3 т.

Причинами этого могут быть как абиотические факторы, в первую очередь, потепление климата, так и особенности биологии короткоцикловых рыб, популяциям которых свойственны периодические колебания запасов.

Изучение ихтиоценозов 352 малых озер области сотрудниками Псковского отделения ГосНИОРХ с 1978 по 2006 гг. показало, что в плотвично-окуневых озерах произошло общее снижение рыбных запасов на 20 кг/га, в большинстве лещово-судачьих и лещово-уклейных озер возросла доля младшевозрастных групп леща. Было отмечено довольно существенное снижение

численности хищных рыб (щуки, судака, крупного окуня, сома, налима), доля которых не превышала 15% по биомассе. Сокращающаяся численность хищников привела к росту численности «мирных» рыб, и, следовательно, возрастанию между ними пищевой конкуренции и снижению темпов роста. Это объяснялось, в первую очередь, влиянием сетного лова (в том числе браконьерского), в результате которого из озер изымались судак, щука, крупный лещ.

Еще одной тенденцией, прослеживающейся в ихтиоценозах озер региона стало уменьшение размерно-возрастных характеристик рыб. Уже к первой декаде XXI в. выявилась стойкая тенденция к снижению размеров одновозрастных основных промысловых рыб – судака, щуки и леща, в первую очередь у рыб старших возрастов, а также изменение сроков их половозрелости, смещавшихся на один год при уменьшении размеров особей в ряде озер. В настоящее время в большинстве лещово-судачьих и лещово-уклейных озер крупные судак (длиной более 50 см) и лещ (длиной более 30 см) встречаются единично. Так, в исследовательских уловах крупноячейными и мелкоячейными сетями в 2025 г. длина судака в оз. Жижицком составила 21–44 см; длина леща в оз. Жижицком – 14–45 см, в оз. Большое Олбито – 14–28 см, в оз. Свибло – 15–37 см.

Таким образом, видовой состав и структура ихтиоценозов малых озер Псковской области при отсутствии значимого промысла в течение многих лет принципиально не изменились.

Тем не менее, можно констатировать определенные качественные изменения ихтиоценозов, выражающиеся в сокращении численности популяций арктического пресноводного комплекса, в первую очередь, снетка; в общем сокращении рыбных запасов в плотвично-окуневых озерах; в значительном уменьшении доли хищных рыб в структуре ихтиоценозов; в снижении темпов роста рыб и их размерно-весовых характеристик.

Литература

1. *Лесненко В.К.* Природные ресурсы Псковской области, их рациональное использование. Псков: ПГПИ, 2002. – 136 с.

2. *Шкапский О.А.* Озера Псковской губернии: (их естественно–историческая характеристика и экономическое значение) / Под ред. и с предисл. Н.М. Кислякова. – Псков: Типо-литограф. губ. земства, 1912. – 286 с.

3. Многолетняя динамика рыбного населения озер национального парка «Русский Север» / *М.Я. Борисов, А.Ф. Коновалов, Н.Ю. Тропин и др.* // Трансформация экосистем. – 2024. – № 7 (2). – С. 49–71.

4. *Александров Ю.В.* Видовой состав ихтиофауны федерального зоологического заказника «Ремдовский» // Природа Псковского края.– СПб., 2002. – Вып. 13. – С. 3–8.

5. *Коновалов А.Ф., Борисов М.Я., Болотова Н.Л.* Современное состояние фауны рыб и круглоротых в водоемах Вологодской области // Вопросы рыболовства. – 2015. – Том 16, № 2. – С. 137–147.

6. *Никольский Г.В.* Структура вида и закономерности изменчивости рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 184 с.

7. *Жаков Л.А.* Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М.: Наука, 1984. – 144 с.

8. *Александров Ю.В.* Европейский угорь Anguilla Anguilla в водоемах национального парка «Себежский» // Природа Псковского края. – СПб., 2000. – Вып. 12. – С. 11–22.

9. Пространственно-временная динамика рыб Псковского озера / *Е.А. Криксунов, С.В. Чистов, П.В. Васильев и др.* // Журнал общей биологии. – 2020. – Т. 81, № 1. – С. 3–19.

10. *Kangur A., Kangur P., Kangur K., Möls T.* The role of temperature in the population dynamics of smelt Osmerus eperlanus eperlanus m. spirinchus Pallas in Lake Peipsi (Estonia/Russia) // Hydrobiologia. – 2007. – № 584. – P. 433–441. DOI 10.1007/s10750–007–0614–9.

11. *Александров Ю.В.* Ряпушка в малых озерах Псковской области // Северо-Западная Россия и Белоруссия: вопросы экологической, исторической и общественной географии: Материалы общ.-науч. конф. – Псков: ПГПИ, 2003. – С. 115–117.

УДК [(639.28+595.371):556.55](571.150)

Т.О. Ронжина, Д.А.Сурков, В.И. Щербаков

Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО), Барнаул, 656056
e-mail: ronzhina@altai.vniro.ru

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ГАММАРИД В СОЛОНОВАТЫХ ВОДОЕМАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Работа посвящена оценке состояния запасов гаммарид в солоноватых озерах Алтайского края. В работе представлены результаты гидробиологических исследований состояния запасов гаммарид в потенциально пригодных для организации промысла озерах Алтайского края. Сравнительный анализ проводился по результатам мониторинга за период 2021–2025 гг. по 14 озерам. Прослежено влияние основных факторов среды на формирование биомассы гаммарид и состояние их запасов. Дана современная оценка продуктивности солоноватых озер в отношении гаммарид. Отмечены колебания продуктивности водоемов, которые могут меняться по годам в зависимости от условий среды. Общие запасы гаммарид в озерах Алтайского края за многолетний период колеблются по годам от 321,6 до 496,4 т, промысловые от 160,8 до 248,2 т, вылов варьирует от 156,9 до 176,4 т.

Ключевые слова: гаммариды, численность, биомасса, общие запасы, продуктивность водоемов.

T.O. Ronzhina, D.A.Surkov, V.I. Scherbakov

Altai branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (AltaiNIRO), Barnaul, 656056
e-mail: ronzhina@altai.vniro.ru

STATE OF GAMMARID STOCKS IN BARBETH WATER BODIES OF THE ALTAI REGION

The work is devoted to assessing the state of gammarid stocks in brackish lakes of the Altai Territory. The paper presents the results of hydrobiological studies of gammarid stocks in lakes of the Altai Territory potentially suitable for fisheries. A comparative analysis has been conducted based on the results of monitoring for the period 2021–2025 for 14 lakes. The influence of the main environmental factors on the formation of gammarid biomass and the state of their stocks has been traced. A current assessment of the productivity of brackish lakes in relation to gammarids is given. Fluctuations in the productivity of water bodies have been noted, which can change from year to year depending on environmental conditions. The total reserves of gammarids in the lakes of the Altai Territory over a long period fluctuate by year from 321.6 to 496.4 tons, commercial from 160.8 to 248.2 tons, the catch varies from 156.9 to 176.4 tons.

Key words: gammarids, abundance, biomass, total stocks, productivity of water.

Озерный рачок бокоплав *Gammarus lacustris* Sars (Gammaridae, Amphipoda, Crustacea) – широко распространенный вид ракообразных в озерах равнинной территории Алтайского края. Гаммарус – типичный представитель макрозоопланктона и нектобентоса, имеющий во многих солоноватых водоемах промысловое значение, являясь по существу основным видом, обеспечивающим их биологическую продуктивность. Распространение и численность бокоплава в озерах обусловлены уровенным режимом, степенью минерализации и содержанием растворенного в воде кислорода в зимний период. Эти факторы являются определяющими периодичность массового развития и вымирания гаммарид в озерах лесостепной и степной зон Алтайского края.

Добыча гаммарид регламентируется прогнозами рекомендованного вылова, основанными на оценке их запасов в водоемах различных регионов Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна [1–5]. Вылов гаммарид в озерах Алтайского края за многолетний период варьирует от 41 до 221 т [6].

Цель настоящей работы – оценить условия обитания и состояние запасов гаммарид в водоемах Алтайского края, установить причины колебания продуктивности водоемов.

Исследования проводили в ранневесенний, весенний и осенний периоды 2023–2025 гг. на 14 солоноватых водоемах Алтайского края. Для анализа состояния запасов гаммарид, продуктивности солоноватых озер Алтайского края были использованы данные по мониторингу озер за период 2021–2022 гг. Сбор гидробиологического материала и его обработка проводились в соответствии с общепринятыми методиками и рекомендациями [7–11]. Отбор гидробиологических проб и измерение факторов внешней среды выполняли на 3–7 станциях на каждом водоеме. Сбор проб по учету гаммарид осуществляли стандартной планктонной сетью Джеди (диаметр входного отверстия 0,25 м) из мельничного газа № 52 и дночерпателя Заболоцкого с площадью захвата 0,025 м². Отбор гаммарид с нижней поверхности льда проводили при помощи «мормышевого корыта». Для характеристики погодных условий использовали данные сайта https://rp5.ru по температуре воздуха и количеству осадков в районах метеопостов с. Баево, г. Рубцовска и с. Хабары. Оценку общих запасов гаммарид проводили в соответствии с методическими указаниями [10]. Математический анализ и построение графиков выполняли с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel (2016).

Озера небольшие по площади 0,27–6,7 км², мелководные, средняя глубина составляет 1,0–2,0 м. Самое глубокое – оз. Богатское – в центральной части глубиной 3 м. Процент зарастания надводной растительность составляет 2–25%. Ихтиофауна озер Булатово, Коростелевского, Богатского, Большого Утичьего, Большого Горького, Малого Горького, Томского, Черняжьего, Ситниково представлена мелким карасем, сазаном и гольяном, в озерах Большие Табуны, Марковском, Кормовище ихтиофауна отсутствует.

Климат районов расположения озер характеризуется континентальностью и сухостью. Зима холодная с сильными ветрами и метелями, лето жаркое. Обилие света и тепла в течение вегетационного периода в значительной степени компенсирует краткость периода положительных температур и ускоряет вегетацию растений и жизненные циклы водных живых организмов. Наиболее холодный месяц– январь со среднемесячной температурой −15,5°С, а самый теплый июль – +20,9°С. Сумма активных температур воздуха более 10 градусов в пределах 2 500–2 750. Среднее количество годовых осадков, по данным метеопостов с. Баево, г. Рубцовска и с. Хабары, располагающихся в лесостепных и степных районах (северо-западных и юго-западных районов Кулундинской депрессии), составляет 270–430 мм (рис. 1).

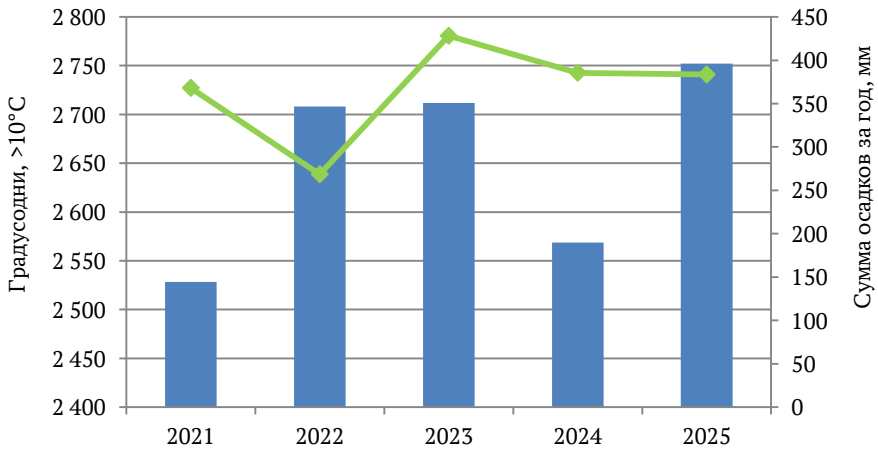


Рис. 1. Тепловая обеспеченность и количество осадков в районах расположения исследованных озер Алтайского края (2021–2025 гг.)

Одним из определяющих факторов для водных беспозвоночных в условиях недостаточного увлажнения и повышенной инсоляции Кулундинской депрессии становятся уровенный режим и соленость воды. Гидрологический и гидрохимический режим озер, а также их биологическая продуктивность в полной мере зависят от водности. В маловодный период происходит снижение уровня воды, повышение общей минерализации, наблюдается дефицит растворенного в воде кислорода в зимний период, и как следствие – угнетенное состояние гидробионтов, а зачастую их

гибель. В такие годы резко снижается общая биопродуктивность озер. Так, в период исследования 2022 г. повышенная теплообеспеченность при низком увлажнении, а также высокая инсоляция и недостаточное увлажнение в весенний период 2023 г. привели к росту солености воды в озерах и снижению в них уровня воды и как следствие, к заморам и изменению продуктивности некоторых водоемов. Однако с 2024 г. на всех водоемах отмечено повышение уровня воды, чему способствовало большое количество осадков в осенний период 2023 г. и в весенний период 2024 г.

Соленость воды в озерах в 2023–2025 гг. колебалась от 0 до 23,0 г/л, с максимальными значениями в зимнюю межень, в марте (9,0–38,0 г/л), далее со снижением в мае (0–16,5 г/л) и повышением к осени, в сентябре минерализация в озерах составляла 8,3–20,0 г/л.

В связи с мелководностью вода в озерах прогревается в соответствии с ростом суточных температур воздуха. В периоды отбора проб температура воды в озерах находилась в пределах – в период ледостава −1,1…0,9°С, весной 8,4–18,4°С, осенью 7,0–16,6°С.

Уровень кислорода в озерах на протяжении периода наблюдений не стабилен, в зимний период составлял 0,3–8,9 мг/л, в весенний период пределах 0,5–10,7 мг/л, осенью 0,8–10,6 мг/л. Наиболее критичные условия по кислороду складывались в 2023 г.: в подледный период содержание кислорода в озерах было в пределах 0,3–1,8 мг/л, в мае повысилось до 3,2–5,9, к сентябрю – октябрю составляло 0,7–3,0 мг/л. В последующие годы содержание кислорода в озерах повысилось, уже в зимний период 2024 г. составляло 1,3–5,3 мг/л, в 2025 г. – 0,7–9,0 мг/л.

По гидрохимическому составу воды озера относятся к хлоридному или хлоридно-сульфатному классу: Богатское, Большие Табуны, Большое Горькое, Большое Утичье, Булатово, Малое Горькое, Марковское, Черняжье [12]. К гидрокарбонатному классу: Томское и Кормовище. Группа воды во всех озерах натриевая, со слабощелочной и щелочной реакцией среды (Ph 7,3–9,5).

По результатам исследований ряда лет на солоноватых озерах Алтайского края гаммариды отмечены в 13 водоемах (Коростелевское, Булатово, Большое Утичье, Томское, Черняжье, Большое Горькое, Горькое Малое, Большие Табуны, Кривое, Горькое, Ситниково, Богатское, Кормовище). Все исследованные особи принадлежат к виду *Gammarus lacustris* G.O. Sars [13] – типичному представителю макрозоопланктона озер юга Западной Сибири.

Средние значения численности и биомассы рачков в озерах в 2023 г. составляли 0,01–0,845 тыс. экз/м² и 0,10–14,17 г/м², в 2024 г. – 0,03–2,55 тыс. экз/м² и 2,03–138,56 г/м², в 2025 г. колебались в пределах 0,05–2,58 тыс. экз/м² и 0,34–170,11 г/м² соответственно.

Для популяций гаммаруса в равнинных озерах характерны колебания численности и биомассы вследствие неустойчивости абиотической и биотической среды обитания. Так, 2022 г. можно характеризовать как засушливый по сравнению со смежными годами, что повлияло на увеличение солености в некоторых водоемах и снижение растворенного в воде кислорода (до заморных концентраций). В 2023 г. на большинстве водоемов был отмечен спад численности и биомассы гаммарид в 2–18 раз. В последующие годы численность и биомасса гаммарид в этих водоемах восстановилась. На водоемах Большом Горьком, Малом Горькоем и Богатском в связи замором рыбы, пришедшемся на период 2022–2023 гг., был отмечен рост численности и биомассы гаммарид в период 2023–2024 гг., но уже к осеннему периоду 2024 г. в связи с восстановлением популяций рыб численность гаммарид в этих озерах резко сократилась до минимальных значений.

Средняя биомасса гаммарид в озерах Алтайского края за период 2021–2025 гг. колебалась в пределах 5,06–22,45 г/м². В 2021 г. значения составляли 20,22 г/м², в последующие два года наблюдался спад биомассы, составляя в 2022 г. – 10,02; в 2023 г. – 5,06 г/м². С 2024 г. отмечено увеличение этих значений до 13,51 и в 2025 г. – до 22,45 г/м² (рис. 2).

Исследования на солоноватых водоемах показали колебания численности и биомассы гаммарид по водоемам в различные годы. За пятилетний период исследований (2021–2025 гг.), в основных промысловых водоемах (Булатово, Коростелевское и Томское) Алтайского края средняя биомасса гаммарид увеличилась в 1,3–2,4 раза. В озерах Большом Утичьем и Черняжьем биомасса рачков осталась на уровне среднемноголетних значений. В оз. Большие Табуны в связи с отсутствием ихтиофауны и промысловой нагрузки в период 2021–2024 гг. биомасса рачков возросла в 10 раз. В озерах Большом Горьком, Малом Горьком и Богатском численность и биомасса гаммарид сократилась до минимальных значений.

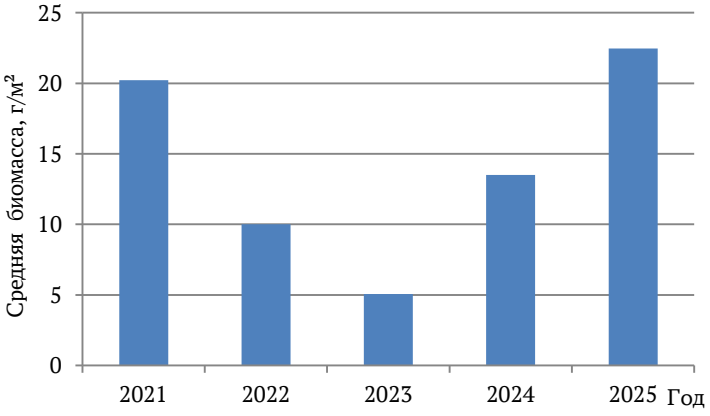


Рис. 2. Динамика изменения биомассы гаммарид в озерах Алтайского края (2021–2025 гг.)

Для озер Западной Сибири отмечен 3-4-летний цикл развития популяций, регулируемый ресурсной базой водоема, при повышении которой происходит снижение численности популяций гаммарид и уменьшение их размеров [14]. В условиях изменчивости внешних факторов среды короткоцикловые организмы способны в небольшой промежуток времени утратить или восстановить промысловое значение в водоеме [15].

Анализируя линейно-весовые характеристики рачков по майским наблюдениям 2023–2025 гг. отмечено, что в большинстве озер рачки стали крупнее. В 2023 г. их средняя длина и масса по озерам составляла 10,5–13,6 мм и 28,0–59,2 мг, в последующие годы произошел рост показателей: 12,2–14,3 мм и 41,7–67,4 мм (2024 г.) и 12,1–15,6 мм и 44,2–90,7 мг (2025 г.). Наиболее крупный гаммарус обитал в озерах Томском и Большие Табуны. Длина размножающихся самок разных популяций составляла в 2023 г. – 9,2–14,5 мм; в 2024 г. – 8,9–16,0 мм, в 2025 г. – 14,5–15,6 мм.

Общие запасы гаммарид в озерах Алтайского края за пятилетний период варьировали от 321,6 до 496,4 т, промысловые запасы – от 160,8 до 248,2 т, вылов – от 156,9 до 176,4 т. Добычу осуществляли на 5–10 водоемах. Наиболее стабильно (ежегодно) промысел гаммарид ведут на озерах Большом Утичьем (53,2% от освоения), Булатово (34,6%) и Коростелевском (39,4%) (таблица).

Промысловые и условно промысловые солоноватые водоемы Алтайского края в отношении гаммарид, 2021–2025 гг.

Озеро	Площадь, км²	Средние глубины, м	Пределы солености, г/л	Пределы биомассы гаммарид, г/м²	Вылов гаммарид (2021–2025 гг.), т
Булатово	2,60	1,3	0–20,0	4,15–25,76	13,20–57,32
Большое Утичье	4,03	1,8	0–19,5	7,55–25,87	38,10–66,80
Коростелевское	2,80	1,3	0–13,0	6,27–43,04	20,40–49,00
Томское	0,27	1,6	0–11,0	4,48–128,64	14,00–17,50
Большие Табуны	1,28	1,6	0–19,0	0,36–49,46	1,5
Черняжье	1,26	1,3	2,0–20,0	4,70–7,73	4,60–10,10
Большое Горькое	6,86	2,0	1,0–15,0	0–9,45	15,00–35,5
Малое Горькое	2,30	1,5	0–20,0	0–6,61	10,0
Ситниково	1,24	1,0	0–11,0	2,10–4,25	0,55–7,50
Горькое	1,88	1,3	0–10,0	0–4,0	7,80–20,00
Кривое	0,82	1,7	1,0–9,6	1,10–9,28	Промысел отсутствовал
Кормовище	0,50	2,0	0–8,0	0,30–9,02	Промысел отсутствовал
Богатское	5,50	2,2	5,0–27,5	0–0,10	Промысел отсутствовал
Марковское	5,20	1,8	10,0–38,0	0–0,03	Промысел отсутствовал

Межгодовые колебания биомассы популяций гаммаруса и состояние их запасов в водоемах Алтайского края связаны как со сложившимися фоновыми условиями, так и восстановлением численности рыб в водоемах. За период исследования 2021–2025 гг. наиболее стабильными запасами гаммарид отличались озера Коростелевское, Булатово и Большое Утичье, которые являются основными промысловыми озерами со средней биомассой гаммарид 6,0–29,7 г/м². Озера

Черняжье, Ситниково, Кривое подвержены небольшим колебаниям продуктивности в разные годы, биомасса гаммаруса в них колеблется в пределах 3,9–8,9 г/м². Озера Большое Горькое, Малое Горькое, Горькое, Кормовище могут в отдельные годы давать вспышку развития гаммарид за счет абиотических и биотических факторов. В наиболее минерализованных озерах Богатском и Марковском гаммарус может появляться и даже давать вспышку развития в многоводные периоды. Озеро Томское, самый малый и продуктивный водоем, при равномерной промысловой нагрузке дает стабильную высокую продуктивность. Безрыбное озеро Большие Табуны, при благоприятных условиях среды может давать устойчивые промысловые запасы гаммарид.

Литература

1. *Козлов О.В., Аршевский С.В.* Фаунистические комплексы малых озер лесостепной зоны Западной Сибири как основа промысла беспозвоночных гидробионтов // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Междунар. науч. конф. – Минск: БГУ, 2016. – С. 367–368.

2. Современное состояние промысловых запасов гаммаруса в озерах Тюменской области / *Л.И. Литвиненко, И.А. Кискин, К.В. Куцанов и др.* // Вестник рыбохозяйственной науки. – Тюмень, 2016. – С. 22–29.

3. Межгодовые колебания промысловых запасов короткоцикловых беспозвоночных континентальных водоемов Западной Сибири и проблемы с заблаговременным прогнозом вылова / *Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, К.В. Куцанов, О.В. Козлов* // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19, № 2. – С. 193–205.

4. Промысел и состояние запасов гаммарид в озерах Курганской области в 2000–2022 годах / *С.Э. Френкель, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов, А.В. Митителло* // Рыбное хозяйство. – 2023. – № 6. – С. 103–109.

5. Методические подходы к расчету рекомендованного вылова гаммарид *Gammarus lacustris* (G.O. Sars, 1864) во внутренних водоемах / *С.Э. Френкель, А.В. Митителло, К.В. Куцанов и др.* // Рыбное хозяйство. – 2024. – № 6. – С. 54–62.

6. Современное состояние запасов гаммарид в водоемах Алтайского края в 2022–2023 годах / *Т.О. Ронжина, Д.А. Сурков, Я.С. Пяткова, Г.Д. Толкушкина* // Рыбное хозяйство и рыбоводство. – 2024. – Т. 18. – № 7(222). – С. 452–463.

7. Киселев И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – Т. IV, ч. 1. – С. 183–265.

8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1982. – 33 с.

9. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.

10. Определение общих допустимых уловов (ОДУ) амфиподы *Gammarus lacustris* (методические указания) / *Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, О.В. Козлов и др.* – Тюмень, 2004. – 18 с.

11. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 319 с.

12. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 442 с.

13. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С.Я. Цалолихина. – Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые. – СПб., 1999. – 998 с.

14. Популяция *Gammarus lacustris* как основа формирования фаунистических комплексов малых лесостепных озер Западной Сибири / *О.В. Козлов, С.В. Аршевский, А.В. Шаров и др.* // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. Тезисы докл. Междунар. науч. конф. – Севастополь, 2021. – С. 269–270.

15. Влияние факторов среды н состояние запасов гаммарид в солоноватых озерах Алтайского края / *Г.В. Лукерина О.А. Мазникова* // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы, перспективы развития». – Изд-во ВНИРО, 2023. – С. 279–284.

УДК 597.556.35(571.66)

А.А. Сахарова, А.А. Матвеев

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, 683000
e-mail: a.saharova@kamniro.vniro.ru; a.matveev@kamniro.vniro.ru

ЖЕЛТОПЕРАЯ КАМБАЛА *LIMANDA ASPERA* (PALLAS, 1814): РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ У ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

В работе рассмотрено распределение и размерный состав желтоперой камбалы *Limanda aspera* по результатам многолетних донных траловых съемок, выполненных в 2014–2024 г. у побережья Западной Камчатки. Отмечены районы наибольших концентраций вида, расположенные в северной части района исследований.

Ключевые слова: желтоперая камбала, *Limanda Aspera*, Охотское море, Западная Камчатка, распределение, размерный состав.

A.A. Sakharova, A.A. Matveev

Kamchatka branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000
e-mail: a.saharova@kamniro.vniro.ru; a.matveev@kamniro.vniro.ru

YELLOWFIN SOLE *LIMANDA ASPERA* (PALLAS, 1814): DISTRIBUTION AND SIZE COMPOSITION OFF THEWESTERN KAMCHATKA

This paper examines the distribution and size composition of yellowfin flounder *Limanda aspera* based on the results of multi-year bottom trawl surveys conducted between 2014 and 2024 off the coast of Western Kamchatka. Areas of the highest concentrations of the species, located in the northern part of the study area, are noted.

Key words: yellowfin sole, *Limanda aspera*, Sea of Okhotsk, Western Kamchatka, distribution, size composition.

Камбалы западнокамчатского шельфа имеют большое значение и как неотъемлемый компонент донной экосистемы, и с точки зрения промышленного использования. Во второй половине 90-х гг. прошлого столетия доля камбал в общей биомассе демерсальных видов рыб, по данным учетных траловых съемок, на шельфе Западной Камчатки составляла более половины от суммарной величины запасов. До 1996–1997 гг. биомасса камбал достигала максимальных значений [1]. Желтоперая камбала *Limanda aspera* – один из важных промысловых видов в прикамчатских водах Охотского моря. Ее популяция, обитающая на шельфе Западной Камчатки, играет существенную роль в экономике прибрежных районов. Согласно недавно опубликованным данным, этот вид входит в тройку лидеров по величине биомассы донных рыб в исследуемом районе [2, 3]. Несмотря на высокую значимость желтоперой камбалы, в последнее десятилетие опубликовано относительно немного работ. Хотя прикамчатские воды Охотского моря являются наиболее продуктивным районом ее воспроизводства [4], в современных литературных источниках практически отсутствуют актуальные сведения о распределении и биологических характеристиках желтоперой камбалы западнокамчатского шельфа. Помимо вышеупомянутых работ, исключение составляют отдельные работы, в которых приведены оценки запасов до 2017 г. [5], рассмотрены вопросы воспроизводства и половой структуры [6], а также сведения о размерно-возрастном составе исследуемого вида в снюрреводных уловах [7].

Таким образом, накопленные нами данные позволяют рассмотреть пространственное и батиметрическое распределение желтоперой камбалы в прикамчатских водах Охотского моря

(по данным донных траловых съемок), тем самым восполнить имеющиеся пробелы, что и является целью нашего исследования.

В основу данной работы были положены материалы, собранные одним из авторов во время выполнения донных траловых съемок, в летний период у западного побережья Камчатки в 2014–2024 гг. На протяжении всего периода исследований для проведения тралений были использованы 27,1-метровые донные тралы со вставкой из дели с ячеей 10×10 мм. Промысловые операции преимущественно были продолжительностью 30 мин. Всего было проанализировано около 2 200 тралений. В тексте работы и в таблицах использованы сокращения: CPUE – улов в кг и SPUE – улов в экземплярах, пересчитанные на 1 час траления.

Для построения среднемноголетних карт распределения использовали программное обеспечение ArcGIS [8]. Для всех экспедиций в рамках обозначенных квадратов было выполнено осреднение результатов тралений, которые были стандартизированы согласно CPUE и SPUE.

Результаты учетных траловых съемок в Охотском море в 2014–2024 гг. позволили получить представление о пространственно-батиметрическом распределении исследуемого вида в летний период. В среднем частота поимок желтоперой камбалы составляла приблизительно 85,7%, то есть этот вид встречался практически в каждом траловом улове. Тем не менее, как показано на рис. 1, желтоперая камбала была наиболее многочисленна в северной части района исследований от 55° с. ш. до 57° с. ш. Летом максимальные показатели средних уловов вида зафиксированы между 55° и 57° с. ш.

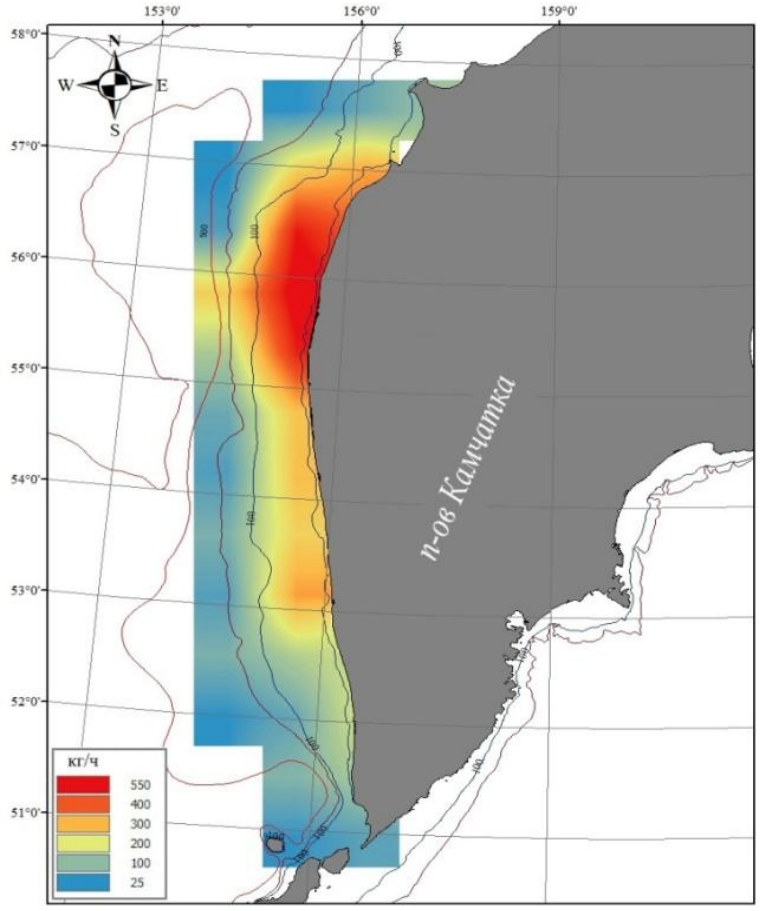


Рис. 1. Среднемноголетнее распределение уловов (кг/ч) желтоперой камбалы Limanda aspera у западного побережья Камчатки по данным летних донных траловых съемок 2014–2024 гг.

Как видно из представленной ниже таблицы, частота встречаемости вида в летний период увеличивается с юга на север, а наиболее высокие показатели частоты поимок особей желтоперой камбалы зарегистрирована к северу от 56° с.ш. Максимальные значения CPUE и SPUE были отмечены в широтных диапазонах 55–57° с.ш. Здесь же отмечена наименьшая средняя масса особей, что в свою очередь указывает на присутствие в этом районе мелкоразмерных рыб.

Встречаемость (%), CPUE (кг/ч), SPUE (экз/ч), средняя масса (г) и глубина поимок желтоперой камбалы *Limanda aspera* в разных широтных участках западнокамчатского шельфа в 2014–2024 гг.

Участки тралений, ° с. ш.	Встречаемость %	CPUE, кг/ч	SPUE, экз/ч	Средняя масса, г	Глубина поимок (средняя)
50–52	83,2	258	630	410	14–150 (57)
52–53	82,2	159	636	250	12–294 (60)
53–54	81	275	1 049	262	12–300 (50)
54–55	88,5	261,3	1 080	242	12–205 (51)
55–56	87,7	351	1 619	217	14–211 (58,2)
56–57	92	403	1 569	257	12–202 (57,3)
57–58	92,2	204	766	266	12–187 (60)

Что касается распределения исследуемого вида по глубинам, то можно констатировать, что в летний период основные концентрации (около 67%) были отмечены в диапазоне от 30 до 70 м (рис. 2). В отдельные годы относительно высокие уловы камбал зарегистрированы на глубинах от 70 до 90 м (около 15%). Таким образом, более 80% рыб обитает до 100 м изобаты. Минимальные глубины поимок (около 12 м) ограничены технической возможностью судна выполнять траления на меньших глубинах, а максимальная зарегистрированная глубина, где был обнаружен вид около 300 м. Эти штучные поимки были отмечены в 2015 и 2017 гг. Но относительно массовые уловы (более 1–2 рыб за траление) приурочены к батиметрическому диапазону 180–210 м.

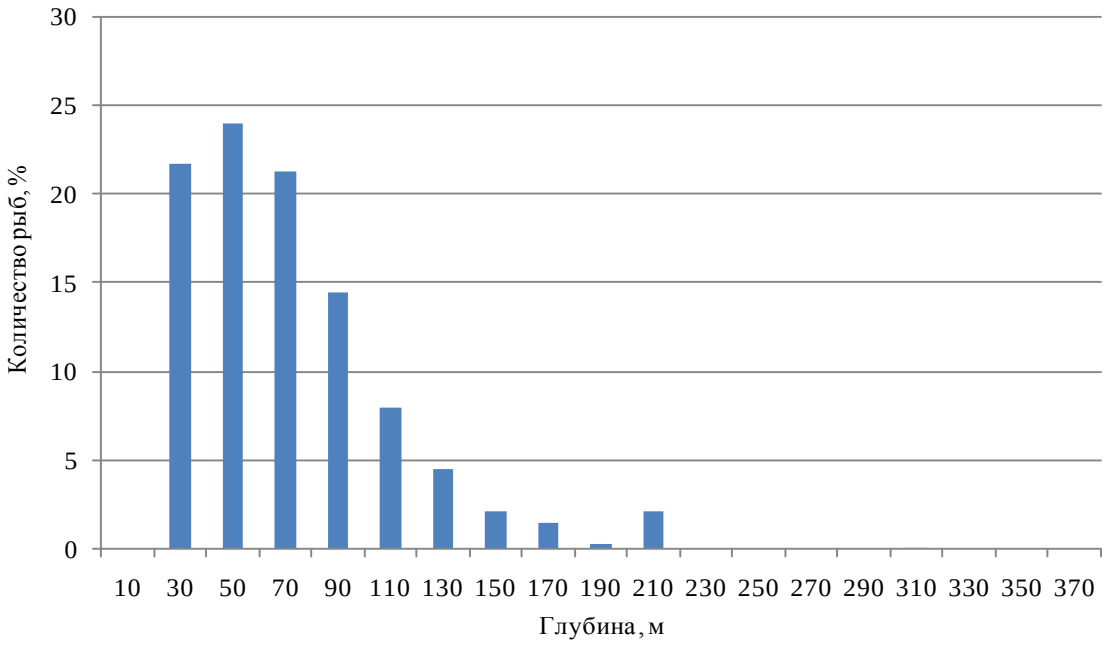


Рис. 2. Среднемноголетнее батиметрическое распределение желтоперой камбалы Limanda aspera у западного побережья Камчатки по данным летних донных траловых съемок 2014–2024 гг.

По данным многолетних траловых экспедиций, размеры желтоперой камбалы в уловах донным тралом варьировали от 7 до 49 см, со средней длиной – 25,2 см. Доминирующая размерная группа от 20 до 32 см, доля которой превышает 77% (рис. 3). По сведениям из литературных источников, зарегистрированная предельная длина вида в тихоокеанских водах Камчатки и у северных Курильских островов составляет 47 см, в Беринговом море описаны поимки рыб до 49 см [9, 10]. В целом наши данные сопоставимы со сведениями вышеупомянутых авторов. Тем не менее В.Н. Тупоногов и Л.С. Кодолов [11] в своей работе указывали, что исследуемый вид достигает длины 56 см. Можно предположить, что в южной части ареала желтоперая камбала достигает более крупных размеров.

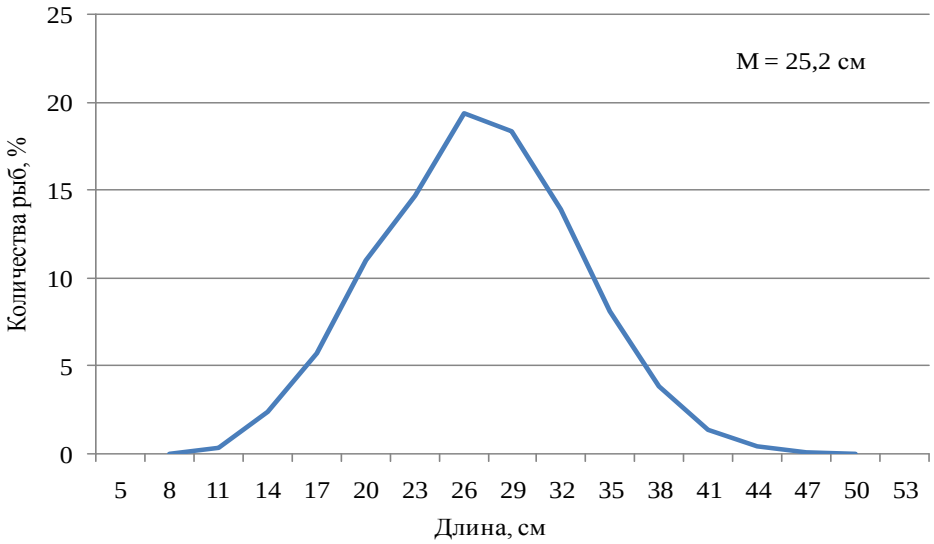


Рис. 3. Размерный состав желтоперой камбалы Limanda aspera у западного побережья Камчатки по данным летних донных траловых съемок 2014–2024 гг. (M – средняя длина)

Литература

1. *Шунтов В.П.* Новые данные о состоянии биологических ресурсов Охотского моря // Вестник ДВО РАН. – 1998. – № 2 (78). – С. 45–52.

2. *Матвеев А.А., Варкентин А.И.* 2022. Доминирующие виды донного и придонного ихтиоцена западнокамчатского шельфа: распределение и биомасса // Вестник КамчатГТУ. – Вып. 62. – С. 74–93.

3. *Матвеев А.А., Варкентин А.И.* 2023. Доминирующие виды донного и придонного ихтиоцена западнокамчатского шельфа: размерные характеристики // Вестник КамчатГТУ. – Вып. 63. – С. 53–75.

4. *Дьяков Ю.П.* 2021. О внутривидовой конкуренции желтоперой камбалы *Limanda aspera* (pallas, 1814) (Pleuronectidae) восточной части Охотского моря // Исследования водных биологических ресурсов камчатки и северо-западной части тихого океана. – № 61. –С. 18–45.

5. *Асеева Н.Л., Курилова Е.В., Левицкая А.В.* 2020. Современное состояние запасов массовых видов камбал на шельфе западной камчатки // Вопросы рыболовства. – Т. 21, № 4. – С. 453–463.

6. *Дьяков Ю.П.* 2025. Воспроизводство камбалообразных (Pleuronectidae) северной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО». 496с.

7. *Ланивая С.С., Овчеренко Р.Т.* 2024. Размерно-возрастной состав желтоперой камбалы *Limanda aspera* (Pleuronectidae) на западнокамчатском шельфе // Материалы XXV Всерос. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2024 г.). – Петропавловск-Камчатский: Центр охраны дикой природы. – С. 233–236.

8. ArcGIS [Электронный ресурс]. – URL: https://www.argis.com (дата обращения: 15.02.2026).

9. *Орлов А.М., Токранов А.М.* 2014. Распределение, некоторые черты биологии и динамика уловов желтоперой, четырехбугорчатой, сахалинской и колючей камбал в тихоокеанских водах северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыб. хоз-во. – № 3. – С. 29–51.

10. *Золотов А.О.* 2008. Особенности размерно-возрастной структуры, линейного роста и полового созревания желтоперой камбалы *Limanda aspera* Pallas (1814) юго-западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. – Т. 152. – С. 99–113.

11. *Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С.* Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. – Владивосток: Русский Остров, 2014. – 336 с.

УДК [639.211.4+ 597.553.2](282.247.224.2)

С.О. Северин, Е.С. Пимеенко, С.Г. Михалап

Псковский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПсковНИРО), Псков, 180007
e–mail: pskovniro@vniro.ru

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ РЯПУШКИ *COREGONUS ALBULA* (L.) ЧУДСКО-ПСКОВСКОГО ОЗЕРА В XXI ВЕКЕ

Целью работы является выявление динамики численности популяции европейской ряпушки Чудско-Псковского озера во второй декаде XXI в. и выделение главных факторов, ее определяющих. На основе сравнения промысловых и научно-исследовательских уловов ряпушки с 1931 по 2023 гг. показаны колебания запасов вида на протяжении почти столетия; доказано, что, несмотря на появление нескольких урожайных поколений, сохраняется общая тенденция к сокращению численности популяции. Высказано предположение, что основными факторами, вызывающими значительные колебания и снижение запасов вида, являются состояние репродукционной части стада, изменение трофического состояния Чудско-Псковского озера, изменение климатического режима, усиление пресса хищных рыб.

Ключевые слова: ряпушка, *Coregonus albula*, Чудское озеро, динамика численности, численность популяций.

S.O. Severin, E.S. Pimeenko, S.G. Mikhalap

Pskov branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (PskovNIRO), Pskov, 180007
e–mail: pskovniro@vniro.ru

DYNAMICS OF *COREGONUS ALBULA* ABUNDANCE IN LAKE PEIPUS IN THE 21st CENTURY

The objective of this study is to identify population dynamics of the European vendace in Lake Peipus in the second decade of the 21st century and to reveal the main factors determining it. The paper shows fluctuations in species stocks over nearly a century, based on the analysis of commercial vendace catches from 1931 to 2023. It is established that despite the occurrence of several productive generations, there is still a general trend towards a decrease in the state of population. The main factors causing these fluctuations are the change in the trophic state of Lake Peipus; the changes in climate regime; increased pressure from predatory fish.

Key words: vendace, *Coregonus albula*, Lake Peipus, population dynamics, population abundance.

Основным рыбохозяйственным водоемом Псковской области является трансграничное Чудско-Псковское озеро, занимающее по площади третье место в Европейской части России и четвертое – в Европе. Площадь его водного зеркала при среднем уровне воды равна 3 555 кв. км, из которых 1 985 кв. км располагается на территории Российской Федерации и 1 570 кв. км – Эстонской Республики [1]. Водоем включает в себя Чудское озеро – северная часть; Псковское озеро – южная часть; Тёплое озеро – соединяющий их пролив. К числу наиболее ценных промысловых видов Чудско-Псковского озера традиционно относилась ряпушка *Coregonus albula* (L.). Уловы ряпушки в Чудском озере начали учитываться промысловой статистикой с 1931 г. В тридцатые годы прошлого века вылов ее колебался в пределах от 20 до 120 т. В 60–80-е годы ряпушка наряду со снетком занимала лидирующее положение по объемам вылова. Однако в настоящее время этот вид имеет второстепенное промысловое значение в связи с низкой численностью.

Целью работы является выявление динамики численности популяции европейской ряпушки Чудско-Псковского озера во втором десятилетии XXI в. на основе анализа промысловых уловов, как одного из показателей, отражающих состояние запасов вида в водоеме и выделение

факторов, определяющих эту динамику. Отмечая, что величина вылова не является абсолютным критерием отражения состояния популяции, сошлемся на авторов исследования динамики популяций основных промысловых видов рыб Чудско-Псковского озера, обративших внимание на то, что временные изменения обилия популяций в этом водоеме достаточно хорошо согласуются с динамикой вылова [2].

Для оценки промыслового состояния популяции ряпушки использовались многолетние данные промысловой статистики и научно-исследовательских уловов Псковского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», осуществляемых тралами конструкции ГосНИОРХ. При подсчете использовался метод прямого учета при проведении траловых съемок [3].

Чудско-Псковское озеро является южной границей ареала европейской ряпушки [4], населяющей водоемы бассейнов Северного, Балтийского, Баренцева и Белого морей. В озере обитает типичная форма ряпушки, средние многолетние размерно-массовые характеристики в уловах которой составляют: длина 16,5 см, масса 58 г. Самая крупная документально подтвержденная особь за всю историю рыболовства на Чудском озере была отмечена в траловых уловах в сентябре 2017 г., ее промысловая длина составляла 26 см, масса 235 г. Продолжительность жизни ряпушки в Чудском озере обычно составляет пять, редко шесть лет. Половой зрелости достигает, как правило, в двухлетнем возрасте [5–7]. Обычные сроки икрометания ряпушки Чудского озера: последняя декада ноября – первая декада декабря при температуре воды ниже +2°С. В последние годы вид обитает преимущественно в Чудском озере, в Псковском озере встречается в небольшом количестве, исключительно при нагульных перемещениях.

Численность популяции ряпушки, являющейся короткоцикловым видом, в Чудско-Псковском озере подвержена значительным колебаниям, что отражается на промысловых уловах. Так, в1931–1937 гг. вылов ее, по данным промысловой статистики, колебался в пределах от 20 до 120 т, увеличившись в последующие три года до 650–800 т. В пятидесятые годы (1950–1958 гг.) уловы ряпушки составляли 200–740 т. С 1959 г. стали прослеживаться годовые уловы свыше 1 000 т, и до 1963 г. уловы поддерживались на уровне 1 290–2 050 т. С середины шестидесятых и до начала семидесятых годов уловы ряпушки вследствие снижения запасов уменьшились до 350–650 т. Со второй половины 1970-х численность вида в озере нарастала, и к 1987 г. достигла максимальных величин: объемы годовых уловов составили 39,8% (3 271 т).

Очередное падение запасов и как следствие уловов произошло с конца восьмидесятых годов (рис. 1). В 1990 г. годовой улов снизился до 358 т. С 1991 по 2010 гг. промысловый лов ряпушки в Чудском озере, за исключением научно-исследовательского, не осуществлялся. К основным причинам снижения запасов ряпушки в Чудском озере с начала 90-х годов были отнесены: чрезмерно интенсивный промысел ее в 1986–1989 гг., значительное увеличение численности в водоеме судака и других хищных рыб, и неблагоприятные условия размножения: отсутствие или сокращение сроков ледостава; неустойчивая температура воды весной в период выклева личинок и, напротив, значительное повышение температуры воды в летний сезон [8].

В настоящее время основным лимитирующим фактором для ряпушки в Чудском озере выступают климатические изменения последних десятилетий. Выход температуры за пределы оптимального диапазона, к которому адаптировано развитие гонад и эмбрионов этого холодолюбивого оксифильного вида, существенно повышает вероятность снижения фертильности и успешности размножения, как и у прочих сиговых рыб [9]. В аномально теплые осенние периоды, фиксируемые в Чудском озере в последние годы, охлаждение водной массы происходит замедленно. Поскольку нерест приурочен к предледоставному периоду и температуре воды ниже 5°С, сроки наступления данного термического порога существенно сдвигаются. Это нарушает ход нерестовых миграций ряпушки, негативно отражаясь на эффективности размножения и выживаемости молоди. В частности, можно отметить, что продолжительный период ледостава на Чудском озере в восьмидесятые годы (от 135 до 153 дней в году), наблюдавшийся в течение 8 лет, обеспечил благоприятные условия для инкубации икры ряпушки и выживания ее личинок на ранних стадиях развития, результатом чего была высокая численность и максимальные уловы [8].

Новые сравнительно урожайные поколения ряпушки в Чудском озере появились в 2005 и 2008 гг., что позволило возобновить с 2011 г. ее ограниченный лов как в российской, так и эстонской части акватории. В 2014–2015 гг. урожайные поколения появились вновь, в результате чего резко увеличились общая численность и биомасса популяции в водоеме, достигнув на окончание вегетационного сезона 2017 г. максимума с конца девяностых годов (рис. 2).

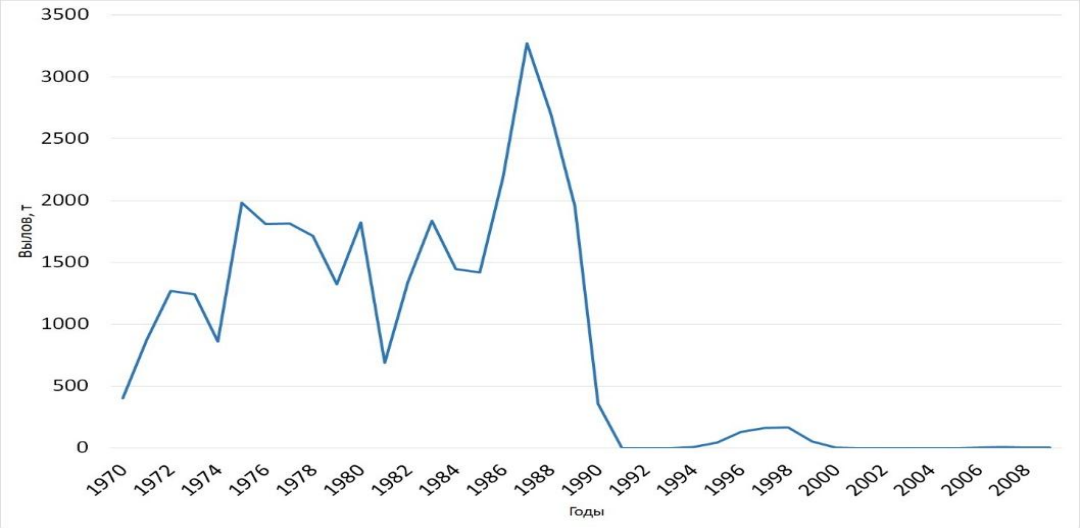


Рис. 1. Динамика уловов ряпушки в Чудском озере с 1970 по 2008 гг.

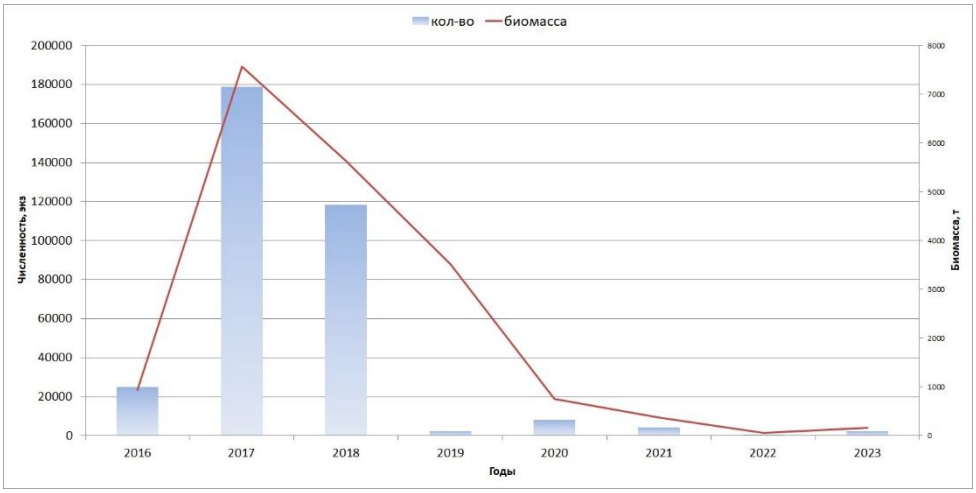


Рис. 2. Численность и биомасса популяции ряпушки Чудского озера на окончание вегетационных сезонов на российской и эстонской стороне в 2016–2023 гг.

Однако уже с 2016 г. значимого пополнения популяции не прослеживалось, несмотря на вполне благополучное состояние нерестового стада, особенно в 2020–2022 гг. Урожайность поколений 2016–2017 гг. в Чудском озере оказалась крайне низкой (сеголетняя молодь ряпушки в траловых уловах в российской и эстонской части акватории Чудского озера практически отсутствовала), несмотря на хорошее состояние ее маточного стада и сравнительно благоприятные гидрометеорологические условия для размножения. Осенние сезоны 2018, 2021–2023 гг. отличались относительно благоприятными погодными условиями для успешного размножения вида: сравнительно ранними сроками ледостава (до I пятидневки декабря) в отсутствии сильных ветров. Тем не менее высокая численность сеголетней молоди ряпушки была зарегистрирована лишь в октябре 2023 г., тогда как урожайность поколений 2018 и 2021 гг. в Чудском озере оказалась крайне низкой.

Следует отметить, что в октябре – ноябре 2018 г. в Псковском озере впервые с 2011 г. встречены сеголетки ряпушки, составившие 68,8% по численности, тогда как в предшествующие годы единично встречались рыбы в возрасте от 2+ лет. В 2019 г. в Псковском озере были зафиксированы высокие показатели уловов на усилие всех возрастных групп ряпушки (67,4 экз.-трал/час), при этом доля двухлетков составила более 88% по численности.

В вегетационные сезоны 2019–2022 гг. происходило неуклонное сокращение запасов ряпушки (рис. 3). В 2023 г. в уловах научно-исследовательским тралом в Чудском озере в середине

сентября ряпушка встречалась единично при полном отсутствии сеголетков. Размерно-массовые характеристики как сеголетней молоди, так и взрослых рыб были максимальными с начала возобновления промыслового лова ряпушки. В вегетационном сезоне 2024 г. ряпушка в траловых уловах встречалась исключительно в Чудском озере. Основу уловов в эти сроки составляли двухлетки ряпушки, на долю которых приходилось от 46,8 до 59,6% по численности.

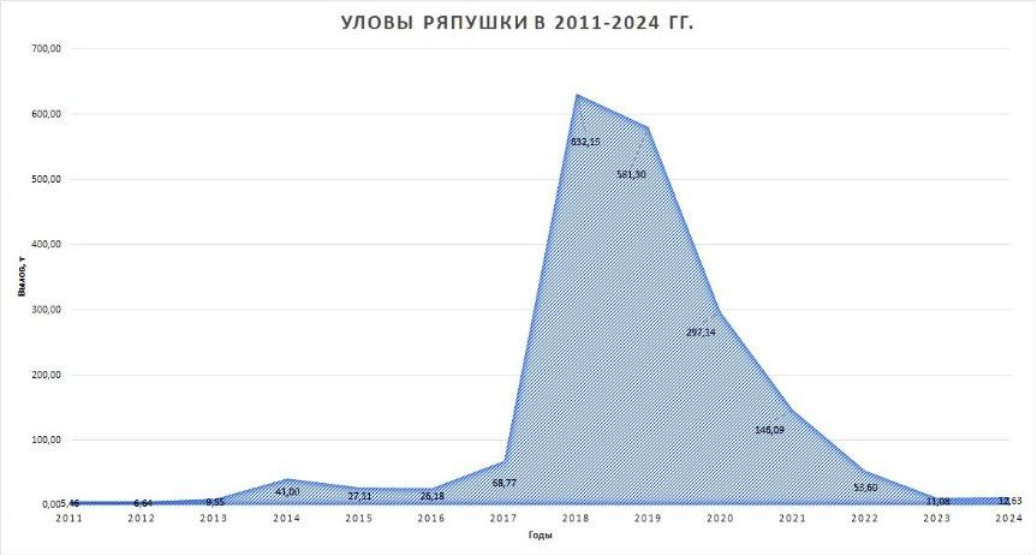


Рис. 3. Вылов ряпушки в Чудском озере с 2011 по 2024 гг. в российской и эстонской части акватории, т

К одному из основных критериев, влияющих на состояние запасов, относится появление урожайных поколений вида, в свою очередь, обусловленное действием биотических, абиотических и антропогенных факторов. В качестве одного из факторов можно выделить изменение темпа роста ряпушки в различные годы. Так, по сравнению с началом 2000-х гг., характеризующихся сравнительно высокой численностью в водоеме снетка – основного конкурента ряпушки в питании, рост сеголетней молоди ряпушки за последнее десятилетие резко увеличился (рис. 4).

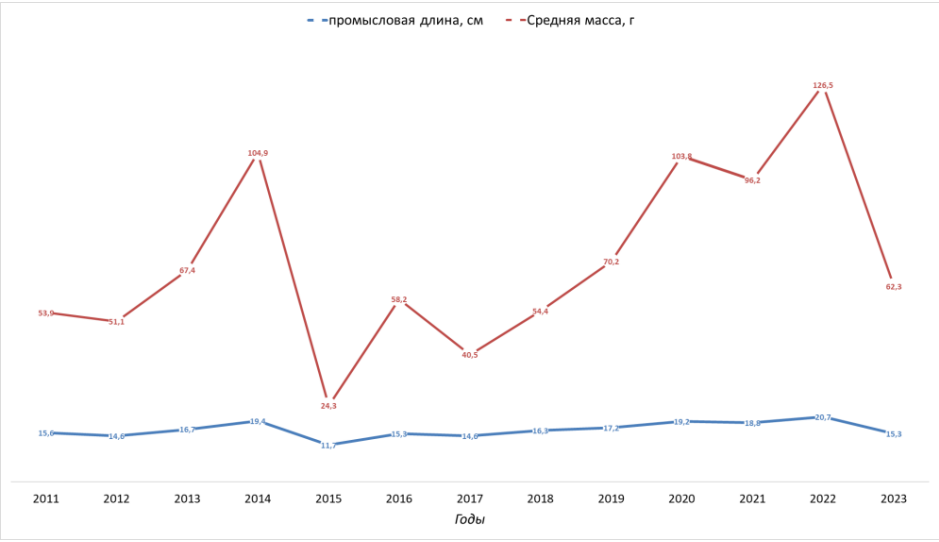


Рис. 4. Размерно-массовые характеристики ряпушки Чудского озера с 2011 по 2023 гг.

С повышением размерно-массовых характеристик, по-видимому, связано и увеличение абсолютной плодовитости (АП) впервые созревающих рыб (1+… 2+ лет). Так, АП ряпушки в октябре 2018 г. в среднем составила 7,31 тыс. икринок, что в 1,3 раза выше плодовитости ряпушки в аналогичной размерно-возрастной группе в 60-е годы прошлого века, когда ее запасы считались удовлетворительными.

Можно выделить несколько обстоятельств, воздействующих на воспроизводство популяции и состояние запасов ряпушки в водоеме:

– изменение трофического состояния Чудско-Псковского озера, начавшегося в еще середине 70-х годов XX в. [9, 10], обусловившее трансформацию его экосистемы и структурную перестройку рыбного сообщества: сократилась доля оксифильных холодолюбивых видов рыб – ряпушки, чудского сига, снетка, налима, тогда как теплолюбивые виды, в первую очередь, лещ и судак стали занимать все большее значительную долю в структуре промысловых уловов [11–13];

– изменение климатического режима: общее потепление климата, ведущее к значительному повышению температур воды в период летнего нагула, наличию дефицита кислорода в придонных горизонтах летом в отдельные годы, непостоянный ледовый покров зимой в течение нескольких лет подряд, могут оказывать долгосрочное негативное воздействие на численность популяций холодноводных видов рыб, таких как ряпушка, икра которой обычно развивается подо льдом в озерах северной умеренной зоны [14, 15];

– усиление пресса хищных видов рыб, в первую очередь, судака;

– состояние репродукционной части стада ряпушки.

Таким образом, данные научно-исследовательских и промысловых уловов показывают, что запасы ряпушки в Чудском озере в настоящее время остаются на низком уровне. Несмотря на появление нескольких урожайных поколений перспектива восстановления запасов вида до удовлетворительного уровня не просматривается. К главным факторам, вызывающим значительные колебания и снижение запасов ряпушки в Чудско-Псковском озере, можно отнести малочисленность репродукционного стада, неуклонное изменение климатического режима, усиление пресса хищных рыб, состояние кормовой базы.

Литература

1. *Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В.* Озера европейской части России. – СПб.: ЛЕМА, 2015. – 392 с.

2. Состояние запасов и современные тенденции в динамике популяций промысловых рыб Псковско-Чудского водоема / *А.Е. Бобырев, Е.А. Криксунов, Н.Н. Мурзов, и др.* // Вопросы ихтиологии. – 2013. – Т. 53, № 1. – С. 44–56.

3. *Сечин Ю.Т.* Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ 1990. – 50 с.

4. Рыбы в заповедниках России: в 2 т. Т. 1: Пресноводные рыбы / Под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2010. – С. 320–322.

5. *Ефимова А.И.* Ряпушка Чудского озера // Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера. – Таллин: Валгус, 1966. – С. 140–174.

6. *Гальцова М.З.* Ряпушка Чудского озера // Известия ГосНИОРХ. Т. 83. – Л.: ГосНИОРХ, 1974. – С. 77-88.

7. *Дорожкина Т.Я.* Прогнозирование уловов ряпушки Чудского озера // Труды Псковского отд. ГосНИОРХ. Т. 1. – Л.: Лениздат, 1975. – С. 118–123.

8. *Концевая Н.Я., Краузе Т., Вайно В.* Ряпушка Чудского озера: состояние запасов и причины их депрессии // Вестник Псковского государственного педагогического университета. Вып. 1. Псков: ПГПУ, 2012. – С. 56–63.

9. *Anneville O., Alric B., Chang C.W. et al.* Are we heading towards a global decrease in coregonine catches? // International Journal of Limnology. – 2025. – Vol. 61, № 6.

10. *Ястремский В.В.* Структура и продуктивность фитопланктона Чудско-Псковского озера. СПб.: ГосНИОРХ, 2016. – 246 с.

11. *Noges T., Jarvet A., Laugaste R., et al.* Current state and historical changes of nutrient loading and ecological status of the large lakes Peipus and Vortsjarv // Proceedings of the Fourth International Lake Ladoga Symposium 2002. Joensuu, 2003. – P. 199–203.

12. Kangur A., Kangur P., Pihu E. Long-term trends in the fish communities of Lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia) // Aquatic Ecosystem Health & Management. – 2002. – Vol. 5, iss. 3. – P. 379–389.

13. *Kangur R., Kangur P., Ginter K., et al.* Long-term effects of extreme weather events and eutrophication on the fish community of shallow lake Peipsi (Estonia/Russia) // Journal of Limnology. – 2013. – Vol. 72 (2). – P. 376–387.

14. *Kontsevaya N.Y., Afanasiev E.A., Vaino V.* Long-term changes in the structure of the fish community of the Lake Peipus // Proceedings of the Fourth International Lake Ladoga Symposium 2002. Joensuu, 2003. – P. 545–548.

15. How Did the Late 1980s Climate Regime Shift Affect Temperature-Sensitive Fish Population Dynamics: Case Study of Vendace (Coregonus albula) in a Large North-Temperate Lake / *K. Kangur, K. Ginter, A. Kangur et al.* // Water. – 2020. – Vol. 12 (10). – 2694. doi:10.3390/w12102694.

УДК 639.2/6:595.371

Н.А. Седова, А.А. Федорова, А.А. Дышлевая

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: sedova67@bk.ru

СУТОЧНЫЙ РАЦИОН ЛИТОРАЛЬНОГО БОКОПЛАВА *LOCUSTOGAMMARUS LOCUSTOIDES* ПРИ СОДЕРЖАНИИ В НАТУРАЛЬНОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ МОРСКОЙ ВОДЕ

Приведены некоторые результаты выращивания *Locustogammarus locustoides* в натуральной морской воде и искусственной, приготовленной из морской соли для аквариумов. Рассчитан средний суточный рацион при использовании в качестве корма вареной моркови, ламинарии, свежего огурца, груши, свежего яблока и смеси из различных компонентов. Показано, что данный вид лучше содержать в искусственной морской воде. Максимальные показатели суточного потребления пищи были получены при кормлении смешанным кормом в различном сочетании. Выживаемость гаммарусов в искусственной воде при сравнимой плотности посадки была выше, чем в натуральной воде.

Ключевые слова: гаммарусы, суточный рацион, эксперимент, пищевая активность, выживаемость, соленость, плотность посадки.

N.A. Sedova, A.A. Fedorova, A.A. Dyshlevaya

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail:sedova67@bk.ru

DAILY RATION OF LITTORAL WHITEFISH *LOCUSTOGAMMARUS LOCUSTOIDES* WHEN KEPT IN NATURAL AND ARTIFICIAL SEAWATER

Some results of growing *Locustogammarus locustoides* in natural seawater and artificial, made of sea salt water for aquariums are presented. The average daily ration is calculated when using boiled carrots, kelp, fresh cucumber, pear, fresh apple and a mixture of various components as feed. It has been shown that this species is better kept in artificial seawater. The maximum daily food intake was obtained by feeding mixed feed in various combinations. The survival rate of gammaruses in artificial water with a comparable planting density was higher than in natural water.

Key words: gammaruses, daily ration, experiment, feeding activity, survival, salinity, planting density.

Гаммарусы, обитающие на литорали практически всех морей и океанов, – обширная, разнообразная и очень интересная группа животных со сложным поведением. Несмотря на широкое распространение и доступность материала для исследования, биология большинства гаммарусов изучена недостаточно. Бокоплавы *Locustogammarus locustoides* (Brandt, 1851) обитают у нас буквально под ногами, т. е. под крупной и мелкой галькой в приливно-отливной зоне. Данный вид является постоянным обитателем пляжей в городской черте Петропавловска-Камчатского. Они питаются самой разнообразной пищей от морских водорослей до наземной растительности и беспозвоночных, чрезвычайно выносливы к органическому загрязнению, благодаря чему принимают активное участие в самоочищении прибрежной зоны. *L. locustoides* – один из наиболее приспособленных к обитанию в литоральной зоне видов благодаря наличию у него дополнительной жаберной доли, которая позволяет дышать вне воды. Они переносят колебания температуры, солености, освещенности и др. факторов. В природных условиях многие аспекты жизни гидробионтов наблюдать невозможно. Содержание в аквариумах позволяет наблюдать за поведением рачков и изучать их биологию.

В 2013–2014 гг. на кафедре Водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры КамчатГТУ проводили специальные эксперименты для выявления пороговых и оптимальных значений основных параметров условий среды для культивирования *L. locustoides*. Были определены основные требования данного вида к субстрату, выростным емкостям, температуре и качеству корма [1]. В этих экспериментах гаммарусов содержали только в натуральной морской воде из Авачинской бухты. Было выявлено, что количество потребляемого корма зависит от многих показателей. Были определены основные пищевые предпочтения. Примерное суточное потребление некоторых видов корма было рассчитано ранее только для натуральной воды.

Цель данной работы – определить суточный рацион *L. locustoides* в условиях кормления продуктами, которые остаются после приготовления пищи людьми, а также определить потенциальную возможность содержания гаммарусов в искусственной воде, приготовленную из обычной морской соли. В рацион рачков мы также включили для сравнения ламинарию как наиболее привычный естественный корм. Первой задачей было выяснить, можно ли кормить гаммарусов главным образом овощами и фруктами, т. е. продуктами, на которые не требуются дополнительные затраты. Вторая задача – сравнить рацион в натуральной и искусственной воде и выживаемость в данных условиях.

Гаммарусов собрали 20.10.2025 г. во время отлива под камнями в районе мыса Санникова (Авачинская губа). Эксперименты проводили в течение 2 мес. Рачков содержали в стеклянных аквариумах, аэрацию осуществляли при помощи компрессора, очистку воды – при помощи аэрлифта с губчатым фильтром. Субстрат использовали двух видов – пластиковый донный в виде трубок и плавающий деревянный в виде плотиков. Воду использовали натуральную морскую и искусственную, приготовленную из морской соли для аквариумов. Часть рачков содержали при низкой температуре в специальном боксе с регулируемой температурой, остальных рачков разделили на три аквариума: два одинаковых по объему, но с разной водой и один большего объема с более низкой плотностью посадки (табл. 1). Температура зависела от температуры в помещении и колебалась в пределах 11–24°С. Электрическое освещение включали периодически. Остальное время рачки находились при рассеянном слабом естественном свете. Кормили в основном овощами и фруктами, а также сушеной ламинарией, предварительно размоченной в морской воде. В качестве белковой добавки два раза в месяц давали живых дождевых червей, вареное яйцо либо замороженного мотыля. В новых экспериментах рачков кормили с учетом рекомендаций, разработанных в 2014 г. Количество выдаваемого корма и его остатки взвешивали на электронных весах с точностью до 1 мг.

Таблица 1

Основные условия эксперимента

№	Вода	Температура воды, °С	Плотность посадки, экз/дм^2	Уровень воды, см	Отход, %
1	Искусственная, 20–30‰	11–24	47,1	10–17	11,1
2	Натуральная морская, 20–30‰	11–23	48,4	14–16	15,6
3	Искусственная, 19–29‰	12–24	21,7	14–18	9,9
4	Натуральная морская, 22–29‰	4–7	20,0	10–17	11,0

В течение 2 мес в параметры воды оставались удовлетворительными. Содержание кислорода составило в среднем 7,0 мг/л, соленость колебалось в пределах 19–30‰, pH составляла 7,5–8,0. Содержание аммония и других азотистых соединений было в норме. Показателем удовлетворительных условий являлось отсутствие бокоплавов на плавающем субстрате. Ранее нами было показано, что в условиях высокой концентрации токсичных веществ и дефицита кислорода рачки выходят из воды на деревянные плотики, помещенные в аквариум специально на этот случай. Подмену воды на 30% осуществляли по мере необходимости. В табл. 2 указаны средние значения суточного рациона в разных вариантах эксперимента.

При температуре 4°С гаммарусы потребляли от 0,3 до 41,2 мг/экз корма, что соответствует 0,8–49,7% от массы тела. При 6°С после частичной подмены воды было съедено 60,9% от массы тела, что является высоким значением для таких условий. При температуре 11–12°С суточный рацион не превышал 19,6% массы тела. При 13°С максимальный суточный рацион составил 44,7% в натуральной воде при более высокой плотности посадки при кормлении смешанным

кормом. При 14°С рачки лучше всего потребляли вареную морковь (до 36,4%) и грушу (25,8%) в искусственной воде при меньшей плотности посадки. При 15°С гаммарусы лучше всего потребляли огурец свежий – до 11,5 – в искусственной воде. При 16°С максимальный суточный рацион составил 14,9% в натуральной воде при кормлении грушей. При 17°С грушу ели лучше в искусственной воде – до 25% массы тела. При 18°С высокие значения суточного рациона отмечены при кормлении морковью – до 59,9% в искусственной воде. Аналогичные показатели получены при 19°С – до 64,6% по моркови. При 20°С отмечена самая лучшая пищевая активность в искусственной воде при высокой и низкой плотности посадки (131,8% при кормлении морковью и 155,9% при кормлении смесью моркови и ламинарии). При температуре 23-24°С рачки теряли пищевую активность. Видимо, эти значения являются верхней границей температурного диапазона для данного вида.

Таблица 2

Средний суточный рацион *L. locustoides* при содержании рачков в натуральной и искусственной морской воде при различной плотности посадки

Вид корма	*t*, °С	Натуральная морская вода				Искусственная морская вода			
		16,5 экз/л		68,2 экз/л		37,4 экз/л		14,1 экз/л	
		%	мг/экз	%	мг/экз	%	мг/экз	%	мг/экз
яблоко сырое	4	6,4	5,3						
	13					14,2	11,7	4,9	4,1
	14			3,3	3,1				
	16			0,3	0,3				
	17					4,9	4,1	1,5	1,3
огурец свежий	4	7,05	5,8						
	13			8,1	6,7	8,5	7,0	15,1	12,5
	14			5,4	4,5	2,0	1,7	12,0	10,0
	15			7,7	6,4	11,5	9,5	7,7	19,6
	18			0,6	0,5				
	19			4,9	4,1	9,0	7,5	10,2	8,5
	23			1,6	1,3	1,0	0,8	0,8	0,6
груша сырая	4	6,3	5,2						
	13					25,1	20,8		
	14			14,8	12,3			25,8	21,4
	16			14,9	12,3				
	17					25,0	20,7	24,9	20,7
ламинария	4	2,4	2,0						
	13			13,2	11,0	9,2	7,7	7,6	6,3
	23			3,1	2,6			5,2	4,3
морковь вареная	4	4,9	4,0						
	13			13,3	11,0	11,6	9,6	2,2	1,8
	14			3,3	2,7	3,0	2,5	36,0	29,7
	15					3,1	2.5		
	16			3.4	2.9				
	17							5.9	4.9
	18			31.7	26.3	59,9	49,8		
	19							64,6	53,6
	20					131,8	109,4		
морковь вареная + ламинария	4	35,3	29,3						
	13			32,2	26,7	47,9	39,8		
	20							155,9	129,4
	21			73	60,6				
груша + огурец	4	5,4	4,5						
	19					30,9	25,6		
	20			9,5	7,9			10,6	8,8
морковь + ламинария + огурец + банан + груша	6	60,9	50,6						
	11			7,1	5,9	19,6	16,3		
	12							16,9	14,1
	21			14,3	11,8			16,9	14,1

Окончание таб. 2

Вид корма	*t*, °C	Натуральная морская вода				Искусственная морская вода			
		16,5 экз/л		68,2 экз/л		37,4 экз/л		14,1 экз/л	
		%	мг/экз	%	мг/экз	%	мг/экз	%	мг/экз
все виды корма	4	8,0	6,6						
	6	60,9	50,6						
	11			7,1	5,9	19,6	16,3		
	12							16,9	14,1
	13			17,9	14,8	19,3	16,0	6,4	5,3
	14			5,5	4,6	9,0	7,5	17,6	14,6
	15			7,7	6,4	5,2	4,3	15,8	13,2
	16			5,1	4,2				
	17					15,0	12,4	8,9	7,3
	18			16,1	13,4	30,8	25,5		
	19			4,9	4,1	19,9	16,5	28,3	23,5
	20			9,2	7,6	131,8	109,4	83,2	69,1
	21			43,7	36,2	40,2	33,3	16,9	14,1
	23			2,4	2,0	2,2	2,7	10,8	8,9
	24					0,8	0,2	0,8	0,6

Ламинарию рачки потребляли в количестве 1,7–13,2% массы тела в сутки. При кормлении рачков одной только ламинарией суточный рацион был невысоким. Максимальное количество этого корма съедали при температуре 13–14°С. Вареную морковь гаммарусы охотно потребляли при любой температуре и солености, но максимальное количество (45,8–131,8% массы тела) съедали при 18–20°С и солености 20–24‰. Огурец лучше всего потребляли при низкой солености и температуре 15°С. В среднем по всем аквариумам суточный рацион по огурцу составил 14,2% от массы тела. Максимальное количество огурца рачки съедали в искусственной воде вне зависимости от плотности посадки. Грушу рачки ели охотно при любой температуре и солености. Обычно они съедали ее без остатка в течение короткого времени. Яблоко потребляли охотно только при отсутствии других видов корма – до 11,1% при 13°С.

Максимальные показатели суточного потребления пищи были получены при кормлении смешанным кормом в различном сочетании. Смесь из 3–5 компонентов пищи потребляли охотно при любой температуре и содержании кислорода 8–9 мг/л. Наиболее удачное – вареная морковь + ламинария – до 155,9% при 20°С и 24‰.

Значения суточного рациона были выше в искусственной воде – в среднем на 14,9%. Максимальное количество корма гаммарусы съедали после частичной подмены воды в аквариуме. В некоторых случаях рачки съедали до 155,9% от веса своего тела. При температуре выше 20°С наблюдали отход до 3,8% в сутки.

Суточный рацион от концентрации кислорода не зависел. Но при концентрации кислорода в воде ниже 7,7 мг/л наблюдали отход рачков до 7,9% в сутки. Зависимость суточного рациона от солености не обнаружили. От плотности посадки суточный рацион не зависел.

Выживаемость гаммарусов в искусственной воде при сравнимой плотности посадки была выше, чем в натуральной воде. Ранее нами было установлено, что гаммарусы, родившиеся весной, в течение зимы начинают отмирать. Их жизненный цикл в условиях повышенной температуры оказывается более коротким, чем у рачков, появившихся в конце лета. Данное обстоятельство может служить объяснением отхода крупных рачков при благоприятных условиях в экспериментах 2025 г., поскольку гаммарусы были пойманы в конце осени. Многие из них в это время спаривались. Видимо, эти особи должны были последний раз дать потомство, которое начнет размножаться весной следующего года.

Сделанные в этой работе выводы можно считать предварительными, поскольку на пищевую активность гаммарусов и скорость усвоения корма влияет много факторов, не учтенных в данном исследовании.

Литература

1. *Седова Н.А., Насонова Н.Е.* Культивирование бокоплава *Locustogammarus locustoides* (Brandt, 1851) в непроточной морской воде // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – Вып. 29. – С. 75–89.

УДК 639.27.052:594

Д.Б. Терещенко, С.М. Русяев

Магаданский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО), Магадан, 685000
e-mail: rusyayaevsm@magadan.vniro.ru

СПОСОБЫ ДОБЫЧИ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ЗАКАПЫВАЮЩИХСЯ МОЛЛЮСКОВ

Двустворчатые закапывающиеся моллюски все еще остаются малоиспользуемыми объектами промысла в морях Дальнего Востока. В целях подготовки к исследованиям в Тауйской губе Охотского моря выполнен краткий обзор современного состояния их промысла в морях Северного полушария. В поисках эффективного освоения сырьевой базы этой группы моллюсков в мире совершенствуется драговый способ добычи, ведется поиск новых способов. Исследования промысловых популяций закапывающихся моллюсков ведутся на основе данных орудий лова. Предпринимаются попытки использования цифровых технологий для оценки плотности их поселений. Обзор мер управления ресурсами этих беспозвоночных в морях России базируется на стандартных процедурах определения ОДУ и ограничения лова с помощью промысловой меры.

Ключевые слова: Тауйская губа, методы оценки запасов, двустворчатые закапывающиеся моллюски.

D.B. Tereshenko, S.M. Rusyaev

Magadan branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (MagadanNIRO), Magadan, 683003
e-mail: rusyayaevsm@magadan.vniro.ru

FISHING METHODS, METHODS OF ABUNDANCE RESEARCH AND FEATURES OF STOCK MANAGEMENT OF BURROWING BIVALVES

Burrowing bivalves still remain little-used fishing objects in the seas of the Far East. In order to prepare for research in the Tauiskaya Bay of the Sea of Okhotsk, a brief overview of the current state of their fishing in the seas of the northern hemisphere has been performed. In search of effective development of the raw material base of this group of shellfish, the dredge extraction method is being improved in the world, and new methods are being searched. Studies of commercial populations of burrowing mollusks are conducted on the basis of fishing gear data. Attempts are being made to use digital technologies to estimate the density of their settlements. The review of resource management measures for these invertebrates in the seas of Russia is based on standard procedures for determining fishing conditions and limiting fishing by introducing a fishing measure.

Key words: Tauiskaya Bay, inventory assessment methods, burrowing bivalves.

Среди многочисленных групп беспозвоночных Мирового океана, особое место занимают двустворчатые моллюски, закапывающиеся в грунт. Их добыча увеличивается, что связано и с их деликатесными свойствами [1] и доступностью для населения. Закапывающиеся моллюски обитают в литоральной (осушаемой) зоне и верхней сублиторали (1–60 м) морей. В ежегодной статистике вылова ФАО закапывающиеся моллюски не выделяются, они объединены в общую промысловую группу «clams» (моллюски). Объем добычи зарывающихся моллюсков только в Северном полушарии составляет не менее 100 тыс. т (без учета вылова КНР, Южной Кореи) [2]. В прибрежной части морей России добыча закапывающихся моллюсков в Японском море [3] и в южной части Охотского моря [4] достигает нескольких сотен тонн. Новым драйвером спроса на эту категорию гидробионтов может стать развитие отечественного премиального сегмента обслуживания «HoReCa». Масштабное пастбищное выращивание этих моллюсков в мире [5]

требует уточнения биологии и экологии новых объектов марикультуры, оптимизации добычи, изучения способов производства спата – посадочного материала. Потенциал добычи этих моллюсков есть и в других морях России: в Чёрном, Азовском [6], Баренцевом [7] и Беринговом [8]. Все еще незначительный отечественный опыт добычи и управления ресурсами закапывающихся моллюсков требует системного осмысления уже имеющихся решений, накопленных в мире. В связи с чем была поставлена цель работы: провести обзор способов добычи закапывающихся моллюсков, методов исследования их численности, особенностей управления их ресурсами.

На основе ретроспективной информации отечественных и мировых исследований выполнено обобщение информации о современном состоянии промысла и исследований закапывающихся моллюсков. Поиск информации выполнен при использовании библиографических баз научной литературы (РИНЦ, Google Academica).

Способы добычи. История добычи закапывающихся моллюсков ведет начало от самого простого варианта – ручного сбора, выкапывания моллюсков на осушающейся части берега – литорали. Тем не менее этот вид сбора широко распространен в мире, его можно считать мелкомасштабным промыслом. Ручной сбор является наиболее дешевым способом добычи моллюсков. Однако добывание моллюсков возможно только на части его поселения. Одним из способов ручного сбора моллюсков является водолазный, который позволяет добывать моллюсков вне зависимости от циклов прилива-отлива, но дорогостоящее снаряжение и ограниченное время нахождения водолаза под водой снижают его производительность [9]. На смену ручному сбору все чаще приходит механизация: в Китае добыча моллюсков на литорали проводится с помощью трактора, оснащенного агрегатом захвата гидробионтов [10]. В XX в. для добычи закапывающихся моллюсков стали применять драги – буксируемые судами орудия лова, фронтальная часть которых заглубляется в грунт на несколько десятков сантиметров. Этот способ добычи является основным для видов, обитающих вне литорали [11]. Драговый способ совершенствуется [12]: улучшаются параметры элементов драги, внедряется гидроразмыв грунта. Гидроразмыв грунта способствует очищению участка перед подбирающей драгой, снижая сопротивление грунта при движении драги, способствует лучшему отбору моллюсков. Комбинированное использование драги и гидроразмыва направлено на увеличение производительности, снижения ущерба местообитанию гидробионтов [13]. Поиск новых способов добычи закапывающихся моллюсков приводит и к инновациям. С 2004 г. в водах Шотландии нелегальная добыча моллюсков *Ensis spp.* ведется электроловом, который, как выясняется, повышает избирательность, снижая пагубное воздействие промысла на жизнеспособность нецелевых донных видов [14].

Методы оценки численности. Задача оценки численности (биомассы) этих моллюсков в силу их сидячего образа жизни существенно упрощена. Для стабильных поселений беспозвоночных обоснованным традиционным методом является площадной способ оценки численности моллюсков: учитывается количество особей вида на определенную площадь с дальнейшим пересчетом на географический участок предполагаемого поселения вида или группы видов. При использовании этого метода для учета используется тот же тип орудий и способов, что и для сбора моллюсков при добыче: драга, ручной сбор, водолазный сбор. Однако ряд видов обитает не только в литоральной зоне, но и в зоне верхней сублиторали (глубины 6–80 м), что часто требует комбинирования способов оценки их численности: ручной сбор + водолазный сбор, водолазный сбор + драговая добыча. В оценке численности закапывающихся моллюсков можно отметить новаторскую попытку использования искусственного интеллекта – машинного обучения на основе библиотеки изображений признаков моллюсков (устье сифона моллюска, выемка грунта от втянутого сифона) [15]. Фотографирование водолазами дна с признаками закапывающихся моллюсков [16] может быть применено и в оценке их плотности при использовании телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА).

Особенности управления запасами. Основа управления запасами – популяционный анализ, для закапывающихся моллюсков имеет свои особенности. Немаловажным аспектом управления моллюсками является длительность их жизни. Виды моллюсков, обитающие в бореальных и арктических морях, достигают возраста в 20–30 лет, а некоторые *(Arctica islandica)* – более ста лет [17]. Наличие в онтогенезе этих моллюсков плавающей личинки, и как следствие, мозаичной структуры поселений – осложняет применение стандартных моделей динамики биомассы [18]. Плохо контролируемый масштабный прибрежный любительский ручной сбор моллюсков, усложняет определение прогнозной величины их вылова. Кроме того, драговый способ

добычи наносит ущерб популяциям моллюсков, зачастую уничтожая молодых особей, ухудшая условия их обитания. Перечисленные особенности экологии этих беспозвоночных, требуют использования предосторожного подхода (применяемого и в российском рыболовстве), указывает на необходимость щадящего управления, с величиной их ежегодного изъятия не более 3–5% от промыслового запаса.

Значимой особенностью управления ресурсами этих моллюсков является учет условий среды обитания. Прибрежная зона морей характеризуется повышенной антропогенной нагрузкой, гидродинамикой и изменчивостью температуры воды. Эти факторы могут существенно снижать численность и биомассу моллюсков. Так, для морей Дальнего Востока весьма характерно явление штормовых выбросов. Повышенная частота штормов может существенно влиять на состояние популяций этих моллюсков [19]. Повышение температуры увеличивает метаболизм, кормовую базу и скорость воспроизводства гидробионтов, но может снижать успех воспроизводства их популяций [20]. Повышение температуры часто сопровождается интенсивным цветением микроводорослей, которые вырабатывают нейротоксины. Концентрация нейротоксинов у фильтрующих воду моллюсков, в свою очередь, может приводить к отравлению человека при употреблении их в пищу [21]. Таким образом, эксплуатация ресурсов этих моллюсков должна включать обязательный контроль динамики температуры воды. Предполагается, что локальное снижение их биомассы может быть обусловлено и биоинвазиями [22]. Воздействие антропогенного фактора – загрязнений – влияет на моллюсков в широком спектре: косвенно – ухудшается их воспроизводство и снижается иммунитет; прямо – ведет к гибели, например, при оседании плотных фракций углеводородов на грунт при судовых авариях, характерных именно в прибрежных районах морей.

Управление популяциями закапывающихся моллюсков в морях России проводится с помощью установления общего допустимого улова (ОДУ) – осуществляется для шести видов в прибрежной зоне Приморского и Хабаровского краев, Сахалинской области, в то время как для 10 видов и групп видов (табл.) применяется механизм регулирования разрешенного вылова (РВ) (табл.) [23, 24].

Показатели промысла, управления запасами закапывающихся моллюсков в российских водах Японского и Охотского морей

Таксон	Море	Способ добычи	Способ управления	Меры регулирования
Zirfaea pilsbryi (Зирфея Пилсбри)	Я	Д	ОДУ	ПР, ПЗ
Panopea japonica (Панопея японская)	Я	Д, В	ОДУ	ПР
Ruditapes philippinarum (Петушок)	О	Р, Д	ОДУ	ПР
Anadara broughtoni (Анадара Броутона)	Я	Д	ОДУ	ПР
Corbicula japonica (Корбикула японская)	Я	Д, Р	ОДУ	ПР
Spisula sakhalensis (Спизула сахалинская)	Я	Д, Р	ОДУ	ПР
Peronidia (Перонидия ильная и жилковатая)	О, Я	Р	РВ	ПР
Siliqua alta (Силиква альта)	Я	Р	РВ	ПР
Serripes groenlandica (Серрипес гренландский)	Я	Д	РВ	ПР
Mactra chinensis (Мактра китайская)	Я	Р, Д	РВ	ПР
Callista brevisiphonata (Каллиста короткосифонная)	Я	Р	РВ	ПР
Glycymeris yessoensis (Глицимерис приморский)	Я	Р	РВ	ПР
Protocallithaca adamsi (Протокаллитака Адамса)	Я, О	Р	РВ	ПР
Mercenaria stimpsoni (Мерценария Стимпсона)	Я	Д	РВ	ПР
Виды рода Mia (мии)	О, Я	Д, Р	РВ	ПР
Виды сем. Cardiidae (сердцевидки)	Я, О	Р	РВ	ПР

Примечания: Я – Японское море, О – Охотское море; ПЗ – период запрета, ПР – промысловый размер; Д – драга; Р – ручной; В– водолазный.

Методы исследования численности закапывающихся моллюсков в РФ – традиционные, средством учета являются орудия добычи – драги, в некоторых случаях дополняемые водолазными исследованиями. Аналитические методы для оценки состояния популяции, прогноза динамики численности в России не применяются – из-за отсутствия ежегодных исследований.

Учитывая прибрежное обитание закапывающихся моллюсков, в вопросах управления этими ресурсами значимую роль приобретает развитие марикультуры. Марикультура при достижении

определенного уровня развития технологий может быть использована для воспроизводства этих моллюсков и даже превосходить промысел по эффективности [25]. В контексте освоения биологических ресурсов северной части Охотского моря, где развитие марикультуры ограничено суровыми климатическими условиями, закапывающиеся моллюски представляют интерес пока только для промысла.

Закапывающиеся моллюски являются перспективными промысловыми объектами в морях России, в том числе и в связи с увеличением интереса к нетрадиционным объектам промысла со стороны сектора «HoReCa».

Добыча закапывающихся моллюсков драговым способом является основной, однако появление инноваций (электролов) требует постоянного мониторинга зарубежной литературы, собственного поиска технических решений.

Современные способы оценки численности закапывающихся моллюсков подвергаются совершенствованию, в том числе и с помощью цифровых средств. Управление их запасами в морях России проводится с помощью ОДУ и РВ, промыслового размера и периода запрета промысла.

Уникальная экологическая ниша закапывающихся моллюсков требует обязательного контроля условий среды их обитания, в том числе и с позиций возможного загрязнения прибрежной зоны морей.

Литература

1. *Купина Н.М.* Основные результаты исследования двустворчатых моллюсков прибрежной зоны Японского моря // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 182. – С. 249–257.

2. Review of the state of world marine fishery resources – 2025 / *Sharma R., Barange M., Agostini V., Barros P., Gutierrez N., Vasconcellos M., Fernandez Reguera D., Tiffay C., Levontin P., eds.* // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. – 2025. – № 721. – Rome. FAO. – P. 484.

3. *Лукьянова О.Н. Даниленко С.А., Борисовец Е.Э.* Адаптивный потенциал промысловых видов двустворчатых моллюсков Японского моря // Промысловые беспозвоночные: Сборник материалов VIII Всерос. науч. конф. – Калининград: ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», 2015. – С. 34–37.

4. *Ким А.Ч.* Состояние ресурсов и промысла рудитапеса филиппинского *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1848) в бухте Лососей и лагуне Буссе (зал. Анива, Охотское море) по данным 2010-2016 гг. // Известия ТИНРО. – 2019. – Т. 197. – С. 108–117.

5. *Булли Л.И. Битютская О.Е., Мазалова Н.Ф.* Мировой опыт и перспективы промышленного выращивания клем // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 4. – С. 38–59.

6. *Переладов М.В.* Перспективные беспозвоночные объекты промысла в Чёрном и Азовском морях // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь: Ариал, 2022. – С. 218–222.

7. *Переладов М.В.* Состояние запасов и перспективы освоения «малоизученных» и перспективных объектов промысла в прибрежной зоне Баренцева моря // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня основания Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского. – Симферополь: Ариал, 2024. – С. 424–433.

8. *Ромейко Л.В.* Двустворчатые зарывающиеся моллюски камчатского шельфа и перспективы их использования // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2002. – № 1. – С. 34–43.

9. *Левин В.С.* Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей / Камчат. НИИ рыбного хозяйства и океанографии. – СПб.: ПКФ «ОЮ-92», 1994. – 240 с.

10. Design and Experiment of a Hard-Shell Clam Harvester / *Wu H., Wang X., Huang B., Li S., Hu J., Fu S., Yang L., Cui M., Chen Z., Zeng Y. et al.* // Fishes. – 2025. – Vol. 10. – P. 217.

11. *Борисовец Е.Э. Соколенко Д.А., Явнов С.В.* Распределение серрипеса гренландского *Serripes groenlandicus* (Bivalvia, Cardiidae) в заливе Петра Великого (Японское море) // Известия ТИНРО. – 2017. – Т. 189. – С. 88–102.

12. *Мизюркин М.А., Явнов С.В.* Универсальная драга для учетных работ и добычи закапывающихся моллюсков // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 93–96.

13. Ecology of the Razor Clam Solen gordonis and Fishery Impact on the Population In Sasebo Bay, Kyushu, Japan / *S. Takeuchi, Y. Suzuki, T. Takamasu, H. Isomoto, A. Tamaki* // Journal of Shellfish Research. –2016. –V. 35 (4). – P.785–799.

14. Impacts of electrofishing for razor clams (Ensis spp.) on benthic fauna / *F. Murray, P. Copland, P. Boulcott, M. Robertson, N. Bailey* // Fisheries Research. – 2016. – Т. 174. – С. 40–46.

15. IMC-YOLO: a detection model for assisted razor clam fishing in the mudflat environment / *J. Xu, L. Cao, L. Pan, X. Li, L. Zhang, H. Gao, W. Song* // Peer J Computer Science. – 2025. – Vol. 11. – P. e2614.

16. *Siferd T.D., Welch, H.E.* Identification of in situ Canadian Arctic bivalves using underwater photographs and diver observation // Polar Biology. – 1992. – V.12. – P.673–677.

17. *Thorarinsdóttir G.G., Jacobson L.D.* Fishery biology and biological reference points for management of ocean quahogs (Arctica islandica) off Iceland // Fisheries Research. – 2005. – Т. 75. – Vol. 1-3. – P. 97–106.

18. *Cadrin S.X* Management Reference Points for Sedentary Shellfish Fisheries // Journal of Shellfish Research. – 2024. – Vol. 43(2). – P.145-155.

19. *Жарников В.С. Смирнов А.А.* Исследование штормовых выбросов двустворчатых моллюсков на побережье Амахтонского залива Тауйской губы Охотского моря // Рыбное хозяйство. – 2025. – № 3 (3). – С. 43–51.

20. Temperature, maximum size, and the Atlantic surfclam *Spisula solidissima*: the sensitivity of demographics to climate warming, the perfidy of food, and a vignette on size-limited management in bivalve fisheries / *E.N. Powell, A.L. Moya, D.M. Munroe, R. Mann, S. Borsetti, K.M. Kuykendall* // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2025. – Vol. 82. – P. 1-23.

21. Paralytic Shellfish Toxins in Alaskan Butter Clams: Does Cleaning Make Them Safe to Eat? / *R.W. Litaker, J.A. Matweyou, S.R. Kibler, D.R. Hardison, W.C. Holland, P.A. Tester* // Toxins – 2025. – Vol. 17. – P. 271.

22. *Clements J.C.* Dynamic shifts and a drastic decline in reported landings for southern Gulf of St. Lawrence commercial clam fisheries over the past two decades // FACETS. – 2025. – Т. 10. – С. 1–16.

23. Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна утверждены приказом Минсельхоза России от 6 мая 2022 г. №285. Документ действует до 1 сентября 2028 г.

24. *Бизиков В.А., Алексеев Д.О., Абаев А.Д. и др.* Сырьевая база промысловых беспозвоночных и ее освоение в морях России в 2000–2020 гг. // Труды ВНИРО. – 2024. – Т. 195. – С. 142–204.

25. *Гаврилова Г.С. Сухин И.Ю.* Современная эффективность прибрежного промысла и марикультуры беспозвоночных в Приморье (Японское море) // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 6. – С. 95–103.

УДК 597.2/.5(265.52)

А.М. Токранов

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683000
e-mail: tok_50@mail.ru

ВИДОВОЙ СОСТАВ ДЕМЕРСАЛЬНЫХ РЫБ В БУХТАХ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В МАЕ – СЕНТЯБРЕ 2021–2025 ГОДОВ

На основании анализа результатов обследования приливно-отливной зоны, контрольных удебных обловов, подводных фотоснимков, сделанных сотрудниками КФ ТИГ ДВО РАН при исследовании состояния донных сообществ, а также опросных данных рыболовов-любителей, дана характеристика видового состава демерсальных рыб 6 бухт Авачинского залива в 2021–2025 гг. В целом в них зарегистрировано 18 видов демерсальных рыб из 9 семейств, среди которых доминировали представители рогатковых (5 видов) и камбаловых (4 вида). Установлено, что динамика относительной численности рогатковых рыб в прибрежной зоне в эти годы обусловлена их отходом на глубины более 30–40 м, в связи с массовой гибелью ландшафтообразующих беспозвоночных, обеспечивавших им эффективную маскировку.

Ключевые слова: бухты Авачинского залива, демерсальные рыбы, видовой состав, относительная численность рогатковых.

A.M. Tokranov

Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute of FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000
e-mail: tok_50@mail.ru

SPECIES COMPOSITION OF DEMERSAL FISHES IN THE BAYS OF AVACHA GULF (SOUTHEASTERN KAMCHATKA) IN MAY–SEPTEMBER 2021–2025

Based on the analysis of the survey results of the intertidal zone, control fishing, underwater photographs taken by the staff of Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute of FEB RAS when investigating the state of bottom communities, as well as survey data from amateur fishermen, a characteristic of the species composition of demersal fish in 6 bays of Avacha Gulf in 2021–2025 is given. In total, 18 species of demersal fish from 9 families have been registered in them, among which the dominant representatives are sculpins (5 species) and flounders (4 species). It has been established that the dynamics of the relative abundance of sculpin fish in the coastal zone in these years is due to their departure to depths of more than 30–40 m, due to the mass death of landscape-forming invertebrates that provided them with effective camouflage.

Key words: bays of Avacha Gulf, demersal fish, species composition, relative abundance of sculpins.

Осенью 2020 г. в прибрежных водах Южной Камчатки сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка, вызвавшая массовую гибель донных морских организмов, ведущих, главным образом, прикрепленный к субстрату или малоподвижный образ жизни [1, 2]. После анализа всех имеющихся данных, большинство специалистов пришло к заключению, что главной причиной возникшей неблагоприятной экологической обстановки стало природное явление, называемое «красным приливом» или вредоносным «цветением» водорослей (ВЦВ), вызванное бурным развитием токсичных одноклеточных водорослей рода *Karenia* [3]. В связи с этим, в 2021–2025 гг. сотрудниками лаборатории гидробиологии Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН в рамках реализации комплексной межведомственной программы выполнены исследования по оценке последствий воздействия ВЦВ осенью 2020 г. у побережья Юго-Восточной Камчатки на представителей различных групп флоры и фауны, в том числе на обитающих в прибрежной зоне рыб, ряд которых (например, терпуги родов *Pleurogrammus* и *Hexagrammos*, широколобый морской окунь *Sebastes glaucus*, камбалы и белокорый палтус *Hippoglossus stenolepis*) служат традици-

онными объектами промысла и любительского рыболовства. При проведении исследований в период с мая по сентябрь был собран материал, позволяющий получить представление о видовом составе демерсальных рыб как в зоне верхней сублиторали в целом, так и в отдельных бухтах Авачинского залива после ВЦВ осенью 2020 г., что и является целью настоящего исследования.

Материалом для данной работы послужили результаты изучения видового состава демерсальных рыб в шести бухтах Авачинского залива (Бичевинской, Безымянной, Спасения, Саранной, Вилючинской и Лиственичной) Юго-Восточной Камчатки (рис. 1) в мае – сентябре 2021–2025 гг., полученные в процессе обследования приливно-отливной зоны большинства этих бухт, проведения на их акватории контрольных удебных обловов, анализе подводных фотографий, сделанных сотрудниками КФ ТИГ ДВО РАН при исследовании состояния донных сообществ, а также опросных данных рыболовов-любителей. Поскольку рассматриваемые бухты Авачинского залива расположены на разной удаленности от Петропавловска-Камчатского, то обловы рыб в четырех из них (бухтах Безымянной, Спасения, Саранной и Вилючинской) в 2021–2025 гг. выполнены несколько раз, тогда как в таких более удаленных бухтах, как Лиственничная и Бичевинская – лишь по одному разу. К тому же в последней из них в период исследований проводили дноуглубительные работы, с чем, на наш взгляд, и связан крайне ограниченный состав зарегистрированных демерсальных рыб в ее акватории.

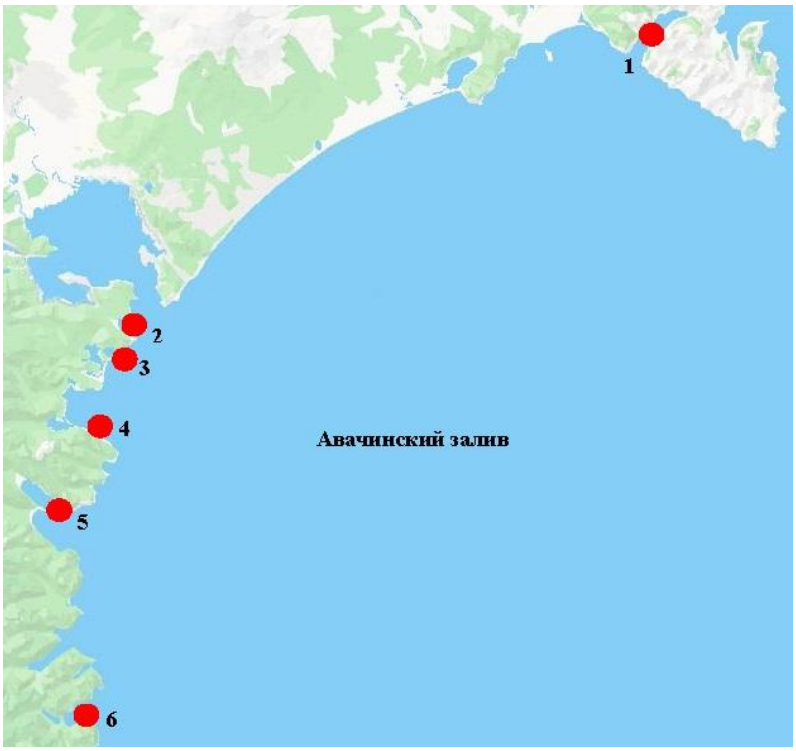


Рис. 1. Схема расположения в Авачинском заливе бухт, в которых в мае – сентябре 2021–2025 гг. проводили изучение видового состава демерсальных рыб:
1 – Бичевинская, 2 – Безымянная, 3 – Спасения, 4 – Саранная, 5 – Вилючинская, 6 – Лиственичная

За весь период исследований с мая по сентябрь 2021–2025 гг. в целом в перечисленных шести бухтах Авачинского залива зарегистрировано 18 представителей демерсальной ихтиофауны из 9 семейств (таблица), количество которых в отдельных бухтах варьировало от двух в Бичевинской до 12 видов в Безымянной. Наибольшим числом видов были представлены рогатковые и камбаловые (соответственно 5 и 4).

Несмотря на гибель в результате ВЦВ в бухтах (даже таких открытых, как Безымянная, Спасения и Саранная) многих беспозвоночных, ведущих малоподвижный или прикрепленный к субстрату образ жизни, уже в конце мая – начале июня 2021 г. в их прибрежной зоне отмечались подошедшие сюда, как и в прошлые годы, на нерест половозрелые особи рыбы-лягушки, а позднее в начале июля – выклюнувшиеся из икры личинки и мальки этого вида круглоперов. В июне в прибрежной зоне начали концентрироваться особи зайцеголового терпуга размером до 48–50 см,

а также пятнистого и белобрюхого получешуйников, самцы которых стали занимать участки среди подводных камней и в расщелинах скал в зоне прибрежного мелководья, готовясь к предстоящему в конце августа – начале сентября нересту.

Видовой состав демерсальных рыб в бухтах Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка) в мае – сентябре 2021–2025 гг.

№	Семейство, вид	Бухты*						В целом
		1	2	3	4	5	6	
	I. Scorpaenidae							
1.	*Sebastes glaucus* Hilgendorf, 1880 – широколобый морской окунь	–	+	–	+	+	+	+
	II. Hexagrammidae							
2.	*Hexagrammos lagocephalus* (Pallas, 1810) – зайцеголовый терпуг	–	+	+	+	+	+	+
3.	*H. stelleri* Tilesius, 1810 – пятнистый терпуг	–	–	–	–	+	–	+
	III. Cottidae							
4.	*Enophrys diceraus* (Pallas, 1810) – двурогий бычок	–	+	–	–	–	–	+
5.	*Hemilepidotus gilberti* Jordan et Starks, 1904 – пестрый получешуйник	–	+	+	+	+	+	+
6.	*H. jordani* Bean, 1881 – белобрюхий получешуйник	–	+	+	+	+	+	+
7.	*Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas, 1814) – многоиглый керчак	–	+	+	+	+	+	+
8.	*M. stelleri* (Tilesius, 1811) – мраморный керчак	–	+	–	–	+	+	+
	IV.Hemitripteridae							
9.	*Hemitripterus villosus* (Pallas, 1814) – волосатый бычок	+	–	–	–	–	–	+
	V. Cyclopteridae							
10.	*Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1814) – рыба-лягушка	–	+	–	–	–	+	+
	VI. Liparidae							
11.	*Liparis* sp. – липарис	–	+	–	–	–	–	+
	VII. Bathymasteridae							
12.	*Bathymaster signatus* Cope, 1873 – обозначенный батимастер	–	+	–	–	–	–	+
	VIII. Stichaeidae							
13.	*Alectrias alectrolophus* (Pallas, 1814) – бурый морской петушок	–	–	–	+	–	–	+
14.	*Lumpenus sagitta* Wilimovsky, 1956 – стреловидный люмпен	+	–	–	–	–	–	+
	IX. Pleuronectidae							
15.	*Hippoglossus stenolepis* Schmidt, 1904 – тихоокеанский белокорый палтус	–	–	+	–	–	+	+
16.	*Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese, 2000 – северная двухлинейная камбала	–	+	+	+	+	+	+
17	*Limanda aspera* (Pallas, 1814) – желтоперая камбала	–	–	+	+	+	–	+
18.	*Platichthys stellatus* (Pallas, 1788) – звездчатая камбала	–	+	–	+	–	+	+
	Общее количество видов	2	12	7	8	9	10	18

* Обозначение бухт, в которых проводили исследования, соответствует тому, что указано на рисунке 1

В августе 2021 г. в бухте Вилючинской в прибрежье на глубине 5–6 м у границы водорослевого пояса в районе м. Зеленого отмечен массовый нерест пятнистого терпуга размером 27–36 см. В центральной части большинства бухт в летние месяцы 2021–2025 гг. в удебных уловах постоянно попадались довольно крупные особи северной двухлинейной, реже – звездчатой и желтоперой камбал длиной до 38–46 см, заходящие сюда на нагул. На выходе из бухт у мысов во время выполнения контрольных удебных обловов в уловах были не редки крупные экземпляры широколобого морского окуня размером до 45–48 см, который, согласно сделанным подводным фотографиям, держался среди камней и в расщелинах скал стайками от 5 до 10 особей. Все это наглядно свидетельствует, что ВЦВ в гораздо меньшей степени оказало негативное воздействие на активно перемещающихся рыб, способных, как это было отмечено нами ранее [1], избегать участков прибрежной зоны, на которых происходило массовое «цветение» микроводорослей.

При обследовании литорали бух. Вилючинской в июне 2022 г. в приливно-отливных лужах были зарегистрированы, судя по размерам, двухлетки (1+) мраморного керчака, а в укрытиях

под камнями – взрослые особи бурого морского петушка длиной более 120 мм, которые, по-видимому, без особых проблем пережили неблагоприятную экологическую обстановку, вызванную ВЦВ. Это обусловлено тем, что, как нами было установлено ранее при изучении состава литоральной ихтиофауны Авачинского залива в целом [4], в отличие от зоны верхней сублиторали (глубины 5–25 м), где в результате бурного развития одноклеточных водорослей рода *Karenia* осенью 2020 г. в придонных слоях возник дефицит кислорода, в результате разложения погибших и осевших на дно организмов значительно повысилось содержание сероводорода и, наконец, появились токсичные продукты жизнедеятельности этих водорослей, в литоральной зоне из-за постоянного перемешивания воды прибоем, а также приливами и отливами такого не произошло. Данное обстоятельство, по-видимому, позволило обитателям этого биотопа успешно пережить возникшую неблагоприятную экологическую обстановку, вызвавшую массовую гибель донных организмов в зоне верхней сублиторали.

Особый интерес, на наш взгляд, представляет динамика относительной численности как в прибрежной зоне Авачинского залива в целом, так и в акватории большинства его обследованных бухт на глубинах менее 25 м рогатковых рыб (более известных среди рыбаков как бычки), которые до ВЦВ в этом батиметрическом диапазоне составляли обычно основу (почти до 50–70%) удебных уловов по численности (рис. 2).

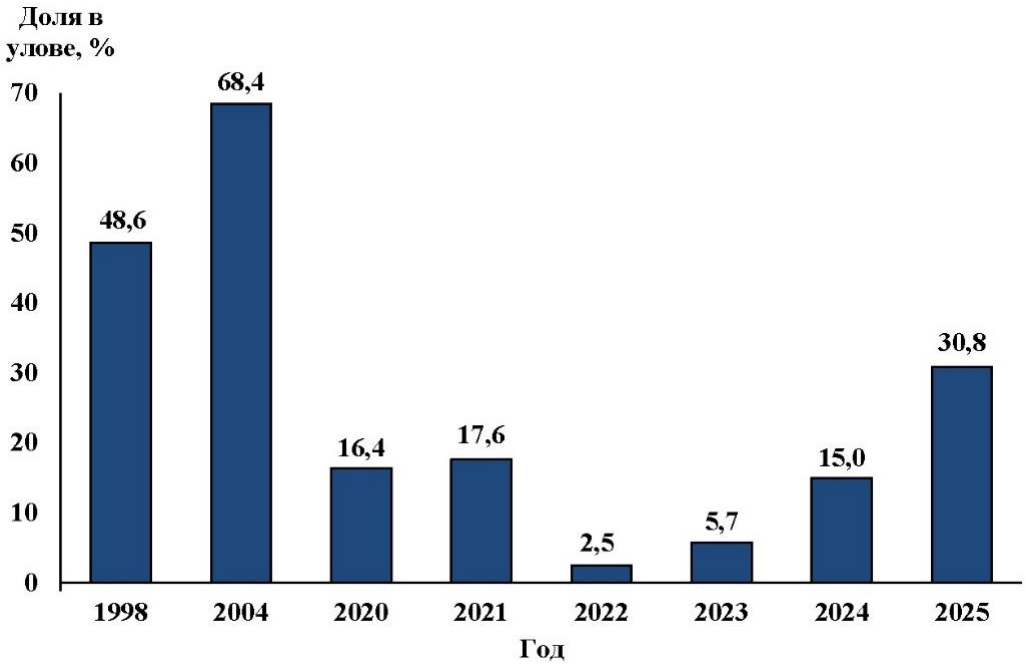


Рис. 2. Динамика относительной численности рогатковых рыб в удебных уловах на глубинах до 25 м у о-ва Старичков (Авачинский залив, Юго-Восточная Камчатка) в период с 1998 по 2025 г.

В отличие от терпугов, камбал и широколобого морского окуня, относительная численность всех представителей сем. Cottidae и Hemitripteridae на глубинах менее 25 м повсеместно в Авачинском заливе резко сократилась, хотя ни сразу после ВЦВ (т. е. осени 2020 г.) в летние месяцы как 2021, так и 2022 г. их массовой гибели нигде никто не отмечал. На наш взгляд, это вызвано тем, что, будучи хищниками-засадчиками (многоиглый, мраморный керчаки и волосатый бычок) или бентоихтиофагами (белобрюхий и пестрый получешуйники) [5], они традиционно используют покрывающие донный субстрат губки, гидроиды, мшанки и других обрастателей для успешной маскировки во время добычи пищи. Массовая гибель представителей этих групп беспозвоночных на глубинах менее 25 м в результате ВЦВ [2] лишила рогатковых рыб такой возможности. А потому в 2021, а особенно в 2022–2023 гг., чтобы не остаться голодными, они были вынуждены сместиться на глубины более 30–40 м, где влияние ВЦВ на обычно используемых рогатковыми рыбами для маскировки беспозвоночных оказалось заметно меньшим, а потому донные сообщества не так сильно изменились. Косвенно это подтверждают результаты контрольных удебных обловов, выполненных в июне – августе 2021–2023 гг. на глубине более 25–30 м [6].

Как свидетельствуют данные по динамике относительной численности в удебных уловах рогатковых рыб на глубинах от 5 до 25 м в районе о-ва Старичков (рис. 2), по которому имеется многолетний ряд контрольных удебных обловов, их минимальное количество (всего 2,5% от всех пойманных рыб) в этом батиметрическом диапазоне зарегистрировано в летние месяцы 2022 г. Начиная с 2023 г., т. е. на третий год после ВЦВ, по мере увеличения в прибрежье количества беспозвоночных-обрастателей, эти демерсальные рыбы стали постепенно вновь подходить ближе к берегу, в связи с чем, их относительная численность в прибрежье (на глубинах менее 20 м) начала понемножку возрастать. Но даже через 5 лет, т. е. в летние месяцы 2025 г., она все еще оставалась значительно меньшей того уровня, который предшествовал ВЦВ (рис. 2).

Автор благодарит за помощь при сборе материалов руководство ООО «Подводремсервис» и экипаж судна «Ларус», всех коллег, принимавших участие в выполнении контрольных удебных обловов рыб в бухтах Авачинского залива в мае – сентябре 2021–2025 гг., а также ведущего научного сотрудника лаборатории гидробиологии КФ ТИГ ДВО РАН, к.б.н. Н.П. Санамян и подводного фотографа А.В. Коробка за предоставленные подводные фотографии.

Работа выполнена в рамках государственного задания КФ ТИГ ДВО РАН по теме «Структурно-функциональная организация, динамика и продуктивность наземных и прибрежных экосистем на Дальнем Востоке РФ. Разработка научных основ и экономических инструментов устойчивого природопользования» (№ ЕГИСУ 124012700496-4) и по теме «Исследование и сохранение уникального морского биоразнообразия Камчатки» (№ ЕГИСУ 124093000049-8).

Литература

1. Оценка воздействия возникшей осенью 2020 г. у берегов Камчатки неблагоприятной экологической обстановки на представителей различных групп гидробионтов / *А.М. Токранов, Д.Д. Данилин, Г.Г. Жигадлова, Н.П. Санамян, К.Э. Санамян, И.А. Усатов* // Труды X Междунар. науч.-практ. конф. «Морские исследования и образование (Maresedu-2021)». – Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. – Т. II (III). – С. 93–96.

2. *Санамян Н.П., Коробок А.В., Санамян К.Э.* Качественная оценка последствий влияния вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года у побережья Юго-Восточной Камчатки (Северо-Западная Пацифика) на мелководные бентосные сообщества // Вестник КамчатГТУ. – 2023. – № 63. – С. 22–44 [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.17217/2079-0333-2023-63-22-44

3. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020 / *T.Yu. Orlova, A.I. Aleksanin, E.V. Lepskaya, K.V. Efimova, M.S. Selina, T.V. Morozova, I.V. Stonik, V.A. Kachur, A.A. Karpenko, K.A. Vinnikov, A.V. Adrianov, M. Iwatari* // Harmful Algae. – 2022. – Vol. 120. – Art. № 102337. – URL: https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102337

4. *Токранов А.М.* Современный состав сообщества рыб галечно-валунных участков приливно-отливной зоны Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2024. – №3. – С. 64–73. DOI: 10.34078/1814-0998-2024-3-64-73.

5. *Токранов А.М.* Трофические группировки рогатковых рыб (Cottidae) в прикамчатских водах // Принципы экологии (электронный журнал). – 2019. – № 3 (33). – С. 101–110. DOI: 10.15393/j1.art.2019.9662

6. *Токранов А.М.* Состояние сообщества рыб верхней сублиторали Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка) спустя три года после вредоносного «цветения» водорослей осенью 2020 г. // Материалы VIII межд. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2024. – С. 241–247. https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/mntk-wo-2024-36.

Секция 2. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 597.5(268.45)

Е.А. Горбачева, М.А. Новиков

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО им. Н.М. Книповича), Мурманск, 183038
e-mail: e.gorbacheva@pinro.vniro.ru

ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2022 ГОДУ

Представлены данные по загрязнению воды, донных отложений и ихтиофауны (сайка, пикша и атлантическая треска) Баренцева моря хлорорганическими соединениями (ХОС) в октябре – ноябре 2022 г. Содержание суммы ХОС составляло в среднем 2,86 нг/л в воде и 2,55 нг/г сухой массы в донных отложениях. Наиболее распространенными ХОС в воде и донных отложениях являлись ГХЦГ и ПХБ. ГХЦГ был представлен преимущественно α-изомером. В воде в общем содержании ПХБ доминировали тетра- и пентахлорированные конгенеры, в донных отложениях – гексахлорированные конгенеры с номерами по номенклатуре ИЮПАК 138 и 153. Накопление ∑ГХЦГ, ∑ДДТ, ∑ПХБ в мышцах и печени рыб было на несколько порядков ниже установленных нормативов. Сайка отличалась от пикши и трески наиболее высоким содержанием в мышцах ∑ГХЦГ, ГХБ, ∑ДДТ и ∑ПХБ. Печень трески больше загрязнена ГХБ, хлорданами, ДДТ и ПХБ, чем печень сайки и пикши. Вклад диоксиноподобных конгенеров в ∑ПХБ варьировал в мышцах исследованных видов рыб от 17 до 24%, печени – от 12 до 30%.

Ключевые слова: ПХБ, пестициды, загрязнение, Баренцево море, хлорорганические соединения, морская вода, донные отложения, атлантическая треска, пикша, сайка.

E.A. Gorbacheva, M.A. Novikov

Polar branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (PINRO named after N.M. Knipovich), Murmansk, 183038
e-mail: e.gorbacheva@pinro.vniro.ru

ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN THE BARENTS SEA ECOSYSTEM IN 2022

Data on the pollution of water, bottom sediments, and fish fauna (polar cod, haddock, and Atlantic cod) in the Barents Sea with organochlorine compounds in October–November 2022 are presented. The average total organochlorine compounds content in water was 2.86 ng/L and 2.55 ng/g dry weight in bottom sediments. The most common organochlorine compounds in water and bottom sediments were HCH and PCBs. Among the HCH, the α-isomer was predominant. In water, tetra- and pentachlorinated congeners dominated the total PCB content, while hexachlorinated congeners with IUPAC nomenclature numbers 138 and 153 dominated in bottom sediments. The accumulation of ∑HCH, ∑DDT, and ∑PCB in fish muscle and liver was several orders of magnitude lower than established standards. Arctic cod differed from haddock and cod in having the highest muscle concentrations of ∑HCH, HCB, ∑DDT, and ∑PCB. Cod liver was contaminated with HCB more, chlordanes, DDT, and PCBs than the livers of Arctic cod and haddock. The contribution of dioxin-like congeners to ∑PCBs varied in the muscle of the studied fish species from 17 to 24%, and in the liver from 12 to 30%.

Key words: PCBs, pesticides, pollution, Barents Sea, organochlorine compounds, seawater, bottom sediments, Atlantic cod, haddock, polar cod.

Одной из особенностей хлорорганических соединений (ХОС) является высокая устойчивость к разложению, что позволяет им распространяться на значительные расстояния от источ-

ников загрязнения, расположенных в южных и средних широтах, и достигать полярных регионов. Физико-химические свойства способствуют накоплению их в экосистемах арктических морей. Негативное воздействие на живые организмы регистрируется при очень низких концентрациях целого ряда этих соединений. С токсическим воздействием некоторых групп ХОС в том числе связывают наблюдаемые у живых организмов гормональные нарушения, угнетение иммунной системы, изменение поведения, канцерогенез, мутагенез и др. [1].

Цель исследования – изучить содержание пестицидов, гексахлорциклогексанов (ГХЦГ), гексахлорбензола (ГХБ), хлорданов, дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов, а также полихлорбифенилов (ПХБ) в воде, донных отложениях и представителях ихтиофауны Баренцева моря, в сайке *Boreogadus saida*, пикше *Melanogrammus aeglefinus* и атлантической треске *Gadus morhua*.

Пробы воды, донных отложений, мышц и печени рыб были отобраны в рейсе НИС «Вильнюс» в Баренцевом море в октябре – ноябре 2022 г. Расположение станций отбора проб представлено на рис. 1.

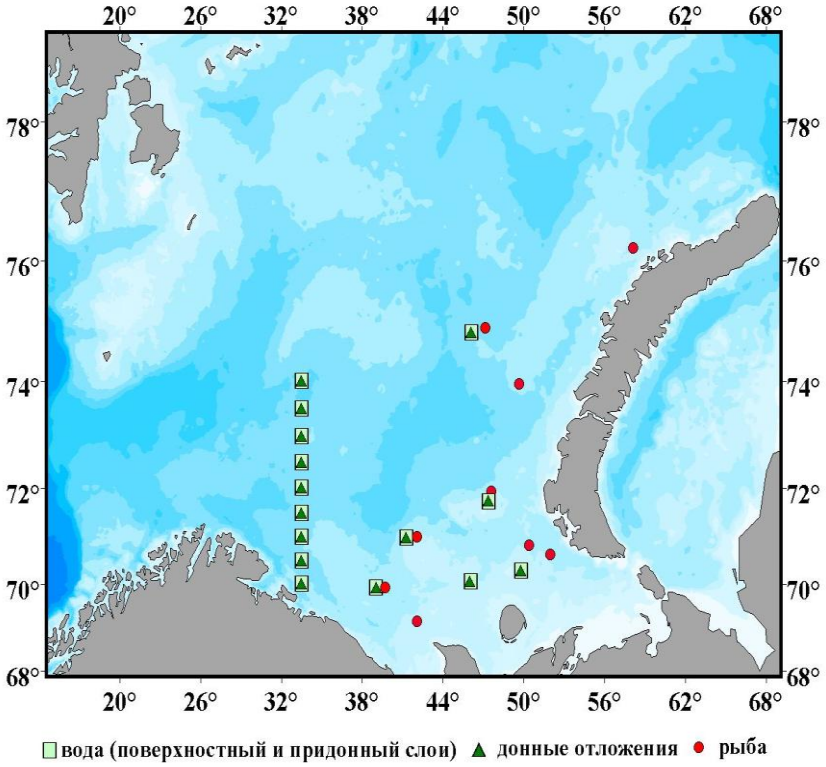


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб в Баренцевом море

Для определения содержания ХОС в воде, донных отложениях и тканях рыб использовали метод высокоэффективной газовой хроматографии. Подготовку проб проводили согласно методическим рекомендациям [2–6]. Для измерения содержание ХОС применяли газовый хромато-масс-спектрометр GCMS-QP2010 Plus фирмы «Shimadzu».

Общее количество исследованных проб составило 58 (табл. 1). Причем каждая из проб мышц и печени атлантической трески и пикши включала биологический материал, полученный только от одной рыбы, а сайки от нескольких. Статистическую обработку данных и построение диаграмм проводили в программе MS Excel 2016.

Таблица 1

Количество исследованных проб

Морская вода		Донные отложения	Промысловые рыбы			Всего
Поверхностный слой	Придонный слой		*B. saida*	*M. aeglefinus*	*G. morhua*	
15	15	15	3	4	6	58

Результаты исследований воды и донных отложений Баренцева моря представлены в табл. 2. Суммарное содержание всех изученных ХОС составляло в среднем 2,86 нг/л в воде и 2,55 нг/г сухой массы в донных отложениях. В общем содержании ХОС в воде и донных отложениях Баренцева моря преобладали пестициды, доля которых достигала 59 и 56% соответственно.

Таблица 2

Содержание ХОС в воде и донных отложениях Баренцева моря (среднее/мин – макс)

Хлорорганические соединения	Вода, нг/л		Донные отложения, нг/г сухой массы
	Поверхность	Дно	
∑ГХЦГ	1,16/0,81–1,48	1,36/0,92–2,0	1,16/0,07–3,89
ГХБ	<0,05–0,10	<0,05–0,10	0,06/0,05–0,10
∑хлорданов	<0,05	<0,05	<0,05–0,70
∑ДДТ	0,37/0,19–0,61	0,36/0,15–0,51	0,28/0,09–0,60
∑ПХБ	1,17/0,84–1,97	1,18/0,71–2,20	0,98/0,72–1,14

Наиболее распространенным хлорорганическим пестицидом в воде и донных отложениях Баренцева моря в осенний период 2022 г. являлся ГХЦГ. Так, концентрация ∑ГХЦГ в поверхностном слое воды составила в среднем 1,16 нг/л, придонном – 1,36 нг/л. В донных отложениях среднее содержание ∑ГХЦГ достигало 1,16 нг/г сухой массы. ГХЦГ в воде и донных отложениях был представлен преимущественно α-изомером. По данным исследований, концентрация α-ГХЦГ увеличивается в морской воде в холодный период года из-за роста растворимости этого соединения при снижении температуры [7].

Уровень загрязнения воды и донных отложений Баренцева моря ∑ПХБ почти не отличался от такого для ∑ГХЦГ. Профили ПХБ, обнаруженных в воде и донных отложениях, различны. Если в воде в общем содержании ПХБ доминировали тетра- и пентахлорированные соединения и почти отсутствовали гексахлорбифенилы, то в донных отложениях наиболее высокой оказалась доля гексахлорированных ПХБ с номерами по номенклатуре ИЮПАК 138 и 153 (рис. 2). Особенно опасны для живых организмов диоксиноподобные ПХБ. Среди идентифицированных ПХБ в воде и донных отложениях Баренцева моря к ним относятся ПХБ-105, ПХБ-118 и ПХБ-156. Суммарное содержание диоксиноподобных конгенеров достигало в среднем 0,45 нг/л в воде и 0,16 нг/г сухой массы в донных отложениях, что составляло 37,6 и 16,7% от общего содержания ПХБ соответственно.

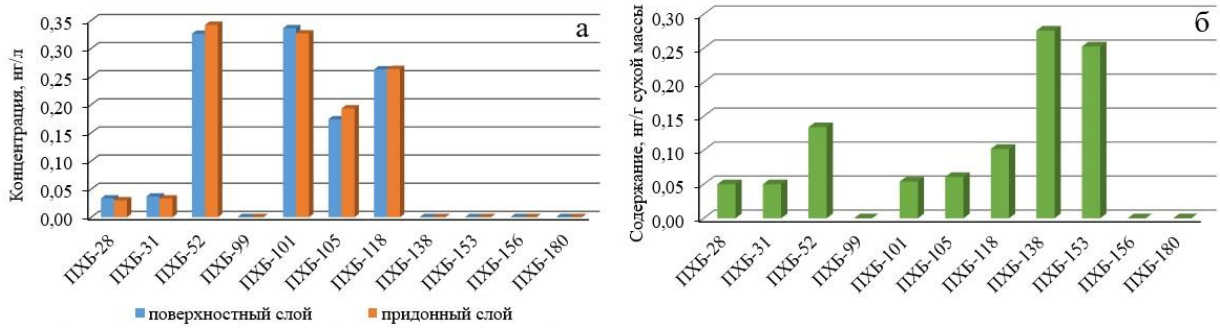


Рис. 2. Содержание конгенеров ПХБ в воде (а) и донных отложениях (б) Баренцева моря в октябре – ноябре 2022 г.

Содержание ∑ДДТ в воде и донных отложениях Баренцева моря в октябре – ноябре 2022 г. значительно уступало как ∑ГХЦГ, так и ∑ПХБ. В период исследований поверхностный и придонный слои воды почти не отличались по уровню загрязнения ∑ДДТ – в среднем 0,37 и 0,36 нг/л соответственно. В донных отложениях накопление ∑ДДТ составляло в среднем 0,28 нг/г сухой массы. В общем содержании ДДТ в воде и донных отложениях Баренцева моря доминировал метаболит *p,p'*-ДДЕ. Содержание основных компонентов исходного пестицида (*p,p'*-ДДТ и *o,p'*-ДДТ) было ниже предела обнаружения применяемого метода анализа, что указывает на давнее поступление ДДТ в окружающую среду.

Наименее распространенными хлорорганическими пестицидами в воде и донных отложениях Баренцева моря являлись ГХБ и хлордан. В 60% проб поверхностного и в 30% проб придонного слоев воды концентрации ГХБ были ниже предела обнаружения применяемого метода анализа (<0,05 нг/л). Накопление ГХБ в донных отложений составляло в среднем 0,06 нг/г сухой массы. Содержание ∑хлорданов оказалось ниже предела обнаружения применяемого метода анализа в подавляющем большинстве проб воды (<0,05 нг/л) и донных отложений (<0,05 нг/г сухой массы).

Загрязнение ХОС представителей ихтиофауны Баренцева моря было изучено на примере рыб, относящихся к семейству Тресковых (Gadidae), сайки, пикши и атлантической трески. Исследованные виды отличаются по типу питания. Так, сайка является планктофагом, пикша – бентофагом, атлантическая треска – хищником [8].

Содержание ∑ГХЦГ, ∑ДДТ и ∑ПХБ мышцах и печени исследованных видов рыб (табл. 3) было значительно ниже установленных предельно допустимых уровней (ПДУ) [9]. Следует отметить, что сайка отличалась от пикши и трески наиболее высоким средним содержанием в мышцах ∑ГХЦГ, ГХБ, ∑ДДТ и ∑ПХБ. В то же время печень трески больше, чем печень сайки и пикши, загрязнена ГХБ, хлорданами, ∑ДДТ и ∑ПХБ.

Таблица 3

Содержание ХОС в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря, нг/г сырой массы (среднее/мин – макс)

Вид	Хлорорганическое соединение				
	∑ГХЦГ	ГХБ	∑хлорданов	∑ДДТ	∑ПХБ
Мышцы					
B. saida	2,90/2,39–3,57	0,21/0,17–0,25	<0,05	1,67/1,62–1,70	5,5/4,7–6,0
M. aeglefinus	1,09/0,92–1,26	0,10/0,07–0,12	<0,05	0,62/0,57–0,62	0,74/0,65–0,81
G. morhua	0,76/0,62–0,92	0,06/0,05–0,07	<0,05	0,63/0,50–0,75	0,91/0,74–1,06
ПДУ	200	–	–	200	2000
Печень					
B. saida	3,32/3,03–3,62	1,32/1,17–1,52	<0,05	7,69/7,50–7,92	6,7/6,3–7,4
M. aeglefinus	2,67/1,96–3,08	1,65/1,48–1,84	<0,05	6,1/3,98–7,96	12,3/11,7–13,2
G. morhua	3,93/3,60–4,33	2,14/1,53–2,72	13,5/7,2–16,5	23,1/17,8–26,5	38,7/32,4–45,1
ПДУ	1 000	–	–	3000	5000

Более высокое накопление ХОС в мышцах сайки, по сравнению с атлантической треской и пикшей, может быть связано с более высоким содержанием в них жира. Известно, что ХОС липофильны и избирательно аккумулируются в жирах [1]. По опубликованным данным, жирность мышц сайки Баренцева моря в октябре – декабре (преднерестовый период) достигает 1,65%, а мышц пикши и трески мало зависит от сезона года и составляет только 0,2 и 0,26–0,36% соответственно [10]. Треска и пикша накапливают ХОС преимущественно в печени [11]. Средняя жирность печени сайки (преднерестовый период), пикши и атлантической трески отличается мало и варьирует в диапазоне от 47 до 60% [10]. Особенно высокое накопление ∑хлорданов, ∑ДДТ и ∑ПХБ в печени трески, по сравнению с пикшей и сайкой, может быть в значительной степени обусловлено хищным типом питания. По опубликованным данным, хлорданы, ДДТ (*p,p'*-ДДЕ) и ПХБ более заметно накапливаются в пищевых цепях, чем ГХЦГ [12].

В мышцах и печени рыб Баренцева моря в ∑ГХЦГ наиболее высока доля α-изомера, что характерно также для загрязнения этим пестицидом воды и донных отложений Баренцева моря. Вместе с тем вклад *pp'*-ДДЕ в ∑ДДТ в тканях изученных рыб заметно ниже (16–29% в мышцах и 15–58% в печени), чем таковой в воде и донных отложениях Баренцева моря (около 100%). Только в печени трески отмечено заметное накопление хлорданов, среди которых доминирует *транс*-нонахлор.

В ∑ПХБ в тканях исследованных рыб осенью 2022 г. преобладали ПХБ-138 и ПХБ-153 (рис. 3). Причем в печени пикши отмечено наиболее высокое относительное содержание ПХБ-138 (34% от ∑ПХБ) и ПХБ-153 (42% от ∑ПХБ). В печени сайки и трески, по сравнению с пикшей, более заметный вклад в общее содержание ПХБ вносят пентахлорбифенилы ПХБ-101, ПХБ-105 и ПХБ-118. Вклад диоксиноподобных конгенеров (ПХБ-105 + ПХБ-118 + ПХБ-156)

в ∑ПХБ варьировал в мышцах исследованных видов от 17 (сайка) до 24% (треска), в печени – от 12 (пикша) до 30% (сайка).

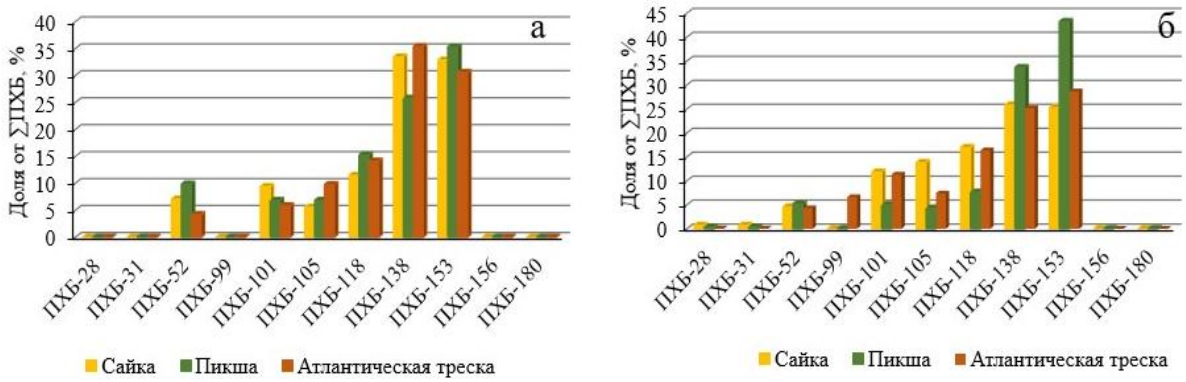


Рис. 3. Вклад 11 конгенеров в профиль ПХБ в мышцах (а) и печени (б) рыб Баренцева моря в октябре – ноябре 2022 г., %

Таким образом, уровень загрязнения ХОС исследованных компонентов экосистемы Баренцева моря достаточно низкий. Содержание суммы ХОС составляло в среднем 2,86 нг/л в воде и 2,55 нг/г сухой массы в донных отложениях. Накопление ∑ГХЦГ, ∑ДДТ и ∑ПХБ мышцах и печени сайки, пикши и атлантической трески было на несколько порядков ниже установленных нормативов. Из трех исследованных видов рыб сайка характеризовалась наиболее высоким содержание ХОС в мышцах, атлантическая треска – в печени.

Литература

1. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Oslo, Norway, 2004. – 309 p.

2. ВМУ 2482-81. Временные методические указания по определению хлорорганических пестицидов (ДДТ, ДДЭ, ДДД, альфа-, гамма-ГХЦГ в рыбе и рыбной продукции методом газожидкостной хроматографии. – М.: Минздрав СССР, 1982. – 11 с. (для биоматериалов животного происхождения).

3. МУК 4.1.663-97 Методические указания. Определение массовой концентрации органических соединений в воде методом хромато-масс-спектрометрии. – М., 1997. – 24 с.

4. МУК 4.1.1023-01 Изомерспецифическое определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пищевых продуктах. – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.

5. М-МВИ-09-97. Методика выполнения измерений массовой доли полихлорированных бифенилов в почве и донных отложениях методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. – М., 1997. – 35 с.

6. М-МВИ-209-08. Методика выполнения измерений массовой доли хлорорганических пестицидов в пробах почв и донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением. – СПб., 2008. – 37 с.

7. *Горбачева Е.А.* Содержание хлорорганических пестицидов на океанографическом разрезе «Кольский меридиан» (Баренцево море) в 2012-2021 гг. // Метеорология и гидрология. – 2025. – № 2. – С. 100–110.

8. *Долгов А.В.* Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 336 с.

9. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 880. Официальный сайт Комиссии Таможенного союза [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 10.02.2026).

10. Технохимические свойства промысловых рыб Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана / *Л.Л. Константинова, Ю.Ф. Двинин, Т.К. Лебская, В.И. Кузьмина*. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 183 с.

11. A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea / *K. Julshamn, A. Duinker, M. Berntssen, B.M. Nilsen, S. Frantzen, K. Nedreaas, A.A. Maage* // Marine Pollution Bulletin. – 2013. – Vol. 75(1). – P. 250–258.

12. *Borgå K., Gabrielsen G.W., Skaare J.U.* Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain // Environ. Pollut. – 2001. – Vol. 113(2). – P. 187–198.

УДК 504.4.054:551.464(265.5)

К.М. Зарипова, Е.А. Тихонова

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН,
Севастополь, 299011
e-mail: zaripova_km@ibss-ras.ru

НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БУХТ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ УРБАНИЗАЦИИ ПОБЕРЕЖЬЯ

Проведена оценка загрязнения донных отложений бухт Авачинского залива (Авачинской, Вилючинской, Русской, Лиственничной) нефтяными углеводородами (НУ) и хлороформ-экстрагируемыми веществами (ХЭВ). Показано, что содержание НУ варьирует от 0,4 до 30,6 мг/100 г, ХЭВ – от 3,2 до 280 мг/100 г. Установлена определяющая роль механического состава осадков в накоплении поллютантов: максимальные концентрации приурочены к илистым грунтам с восстановительной обстановкой, минимальные – к песчаным. Наибольшее содержание НУ зафиксировано в Авачинской губе (30,6 мг/100 г), испытывающей интенсивную портовую нагрузку, тогда как максимум ХЭВ (280 мг/100 г) выявлен в бухте Русской, что требует уточнения источников поступления органического вещества.

Ключевые слова: донные отложения, прибрежные акватории, нефтяные углеводороды, хлороформ-экстрагируемые вещества, Авачинский залив, Авачинская губа, бухта Русская, бухта Вилючинская, антропогенная нагрузка.

K.M. Zaripova, E.A. Tikhonova

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, 299011
e-mail: zaripova_km@ibss-ras.ru

PETROLEUM HYDROCARBONS IN BOTTOM SEDIMENTS OF AVACHA GULF BIGHTS UNDER DIFFERENT DEGREES OF COASTAL URBANIZATION

The pollution of bottom sediments in the bays of Avacha Gulf (Avacha Bay, Vilyuchinskaya Bay, Russkaya Bay, Listvennichnaya Bay) with petroleum hydrocarbons (PH) and chloroform-extractable substances (CES) was assessed. It was shown that the PH content varies from 0.4 to 30.6 mg/100 g, and CES – from 3.2 to 280 mg/100 g. The determining role of sediment grain size composition in the accumulation of pollutants was established: maximum concentrations are confined to silty sediments with reducing conditions, while minimum concentrations are confined to sandy sediments. The highest PH content was recorded in Avacha Bay (30.6 mg/100 g), which experiences intense port pressure, whereas the maximum CES (280 mg/100 g) was found in Russkaya Bay, which requires clarification of the sources of organic matter input.

Key words: bottom sediments, coastal waters, petroleum hydrocarbons, chloroform-extractable substances, Avacha Gulf, Avacha Bay, Russkaya Bay, Vilyuchinskaya Bay, anthropogenic load.

Прибрежные акватории полуострова Камчатка испытывают разнонаправленное антропогенное воздействие, степень которого варьирует от интенсивного пресса в районах крупных портовых городов до условно фоновых значений на удаленных участках побережья. Наиболее урбанизированной акваторией региона является северо-восточная часть Авачинского залива, где расположена Авачинская губа. На ее берегах находится краевой центр – г. Петропавловск-Камчатский с населением 164 тыс. человек, сосредоточены основные портовые сооружения и промышленные предприятия агломерации. Ежегодный грузооборот здесь превышает 2 млн тонн, а интенсивность судоходства достигает более 33 тыс. заходов судов в год. Функционирование портовой инфраструктуры, судоремонт, сброс сточных вод и поверхностный сток с урбанизированных территорий создают предпосылки для хронического загрязнения экосистемы, в частно-

сти нефтяными углеводородами, что подтверждается визуальными наблюдениями нефтяных пленок у причалов. При этом Авачинская губа имеет высшую рыбохозяйственную категорию: она является частью миграционных путей тихоокеанских лососей и местом зимовки красно-книжных сивучей, что определяет необходимость строгого контроля качества среды [1]. Ранее в водах Авачинской губы также были зафиксированы повышенные концентрации взвешенных веществ [2] и отмечена высокая численность углеводородокисляющих бактерий как реакция микробного сообщества на органическое загрязнение [3].

В противоположность индустриально нагруженной Авачинской губе южная часть Авачинского залива характеризуется наличием бухт фьордового типа, традиционно считающихся более чистыми. Бухта Вилючинская, расположенная в 45 км от краевого центра, хорошо защищена от ветрового воздействия и, по имеющимся данным, не испытывает прямого антропогенного пресса, что в сочетании с разнообразием грунтов и благоприятными гидрологическими условиями способствует формированию промысловых зарослей макрофитов [4].

Бухта Русская, также относящаяся к фьордовым заливам, имеет более сложную историю природопользования. Начиная с первых гидрографических описей конца XVIII в. и вплоть до советского периода, она использовалась как временное убежище для судов. В годы Великой Отечественной войны бухта служила пунктом формирования караванов, следовавших с военными грузами из Северной Америки, а в 1970–1980-е годы активно использовалась рыбацким флотом для заправки пресной водой и перегруза продукции. Сегодня, несмотря на рекреационную привлекательность и наличие туристических маршрутов, история хозяйственного освоения и благоприятные для аккумуляции осадков условия (защищенность акватории, илистые грунты в кутовой части) делают бухту Русскую потенциальным резервуаром загрязняющих веществ [5].

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью оценки современного уровня загрязнения донных отложений (ДО) бухт с контрастными типами антропогенной нагрузки – от действующей портовой инфраструктуры Авачинской губы до исторически освоенных и рекреационно привлекательных бухт Вилючинской и Русской. Донные осадки, являясь интегральным показателем долговременного поступления поллютантов, позволяют выявить геохимические последствия как текущей урбанизации, так и прошлой хозяйственной деятельности.

Целью данного исследования стала оценка загрязнения донных отложений ряда бухт южной части Камчатки (Авачинской, Вилючинской, Русской, Лиственничной) нефтяными углеводородами и хлороформ экстрагируемыми веществами.

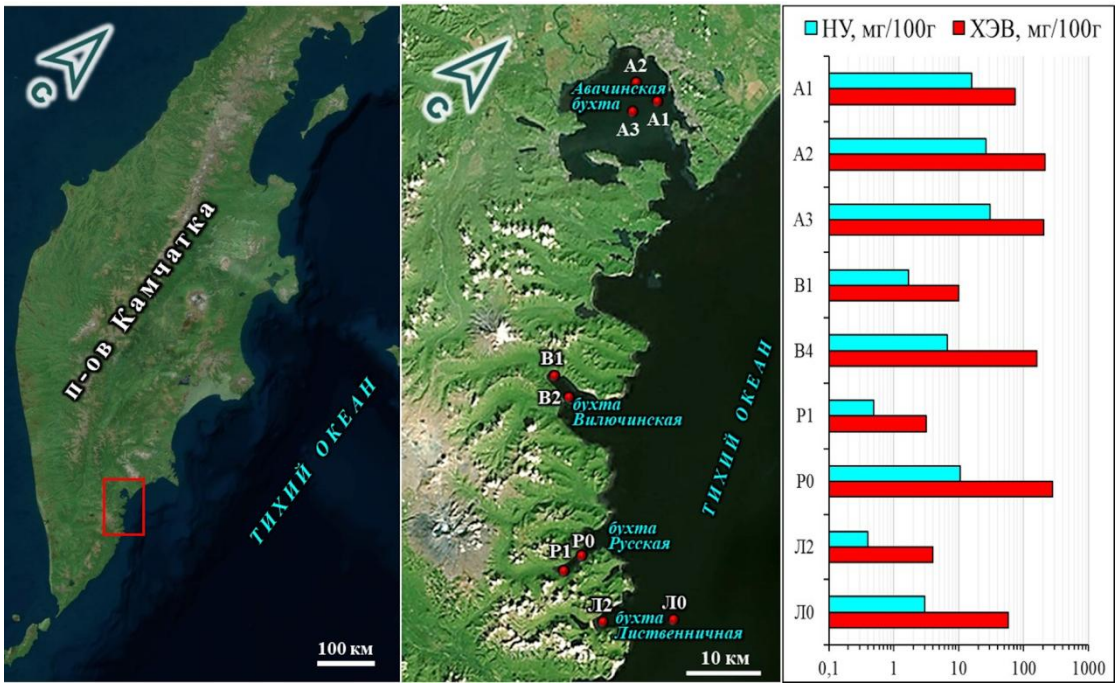
Работы проводились в июле – августе 2025 г. в рейсе ПС «Профессор Мультановский» в прилегающих акваториях Южной Камчатки (рисунок).

Отбор проб в ходе научного рейса проводился в рамках Всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет» по теме «Подготовка молодого кадрового резерва в области морских наук по научно-образовательной программе «Плавучий университет» на основе комплексных исследований экосистемы дальневосточных морей России» (проекты № 075-03-2025-662/8 и № 075-03-2025-421/5).

В работе приведены результаты анализа проб поверхностного слоя (0–3 см) ДО, отобранных при помощи бокс-корера. Непосредственно после отбора донные отложения подвергались визуальной оценке физических свойств с последующим типированием по механическому составу [6]. В соответственно подготовленных воздушно-сухих пробах ДО определяли содержание хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) весовым методом, нефтяных углеводородов (НУ) – методом ИК-спектрометрии с использованием инфракрасного Фурье-спектрометра ФСМ-1201 (ЗАО «ИнфраСпек», Россия) по методике Орадовского [7]. Метод основан на экстракции углеводородов четыреххлористым углеродом (CCl_4), очистке полученного экстракта на колонке с оксидом алюминия (Al_2O_3) для отделения неполярных нефтяных фракций и последующем измерении оптической плотности в ИК-спектре.

В результате проведенных исследований в донных отложениях бухт Авачинского залива были определены содержания нефтяных углеводородов (НУ) и хлороформ экстрагируемых веществ (ХЭВ), которые показали широкий диапазон варьирования в зависимости от локации и механического состава осадков. Минимальные концентрации зафиксированы в бухтах Лиственничной и Русской на станциях с песчаным типом грунта: содержание НУ здесь составляет 0,4 мг/100 г (станция Л2, темно-серый илистый песок) и 0,5 мг/100 г (станция Р1, черный мелко-

зернистый песок). Для ХЭВ минимум также отмечен в песчаных донных отложениях на станции Р1 – 3,2 мг/100 г, что отражает низкую сорбционную способность песков по отношению к органическим загрязнителям. Максимальные значения НУ достигают 30,6 мг/100 г в Авачинской губе (станция А3, темно-серый ил с резким запахом сероводорода), а пиковые концентрации ХЭВ зафиксированы на станции Р0 в бух.Русской – 280 мг/100г, где донные отложения представлены темно-серыми илами с сильным сероводородным запахом.



Содержание нефтяных углеводородов и хлороформ-экстрагируемых веществ в донных отложениях на станциях отбора проб

Средние значения по всем исследованным пробам составляют 11,1 мг/100 г для НУ и 124,3 мг/100 г для ХЭВ, однако эти показатели не отражают реальной картины распределения из-за высокой дисперсии данных. Анализ зависимости от типа грунта выявил устойчивую закономерность: максимальные содержания как НУ, так и ХЭВ, приурочены к илистым отложениям с признаками восстановительной обстановки (вязкая текстура, запах сероводорода, наличие темных примазок гидротроилита). На таких станциях (А2, А3, В4, Р0) илистые грунты, обладая высокой удельной поверхностью и сорбционной емкостью, накапливают загрязнения на порядок эффективнее, чем песчаные осадки. В противоположность этому песчаные и супесчаные разности грунтов (станции Р1, Л2) даже при визуальном присутствии бентосных организмов характеризуются минимальными показателями, что свидетельствует о слабой аккумуляционной способности и преобладании процессов выноса загрязняющих веществ из таких зон. Полученные данные подчеркивают ведущую роль литологического фактора в формировании геохимических аномалий в донных отложениях Авачинского залива.

Проведенные исследования донных отложений бухт Авачинского залива выявили широкий диапазон содержания нефтяных углеводородов (от 0,4 до 30,6 мг/100 г) и хлороформ экстрагируемых веществ (от 3,2 до 280 мг/100 г), что свидетельствует о неравномерном распределении загрязнения в пределах акватории. Одним из ключевых факторов, контролирующих накопление органических поллютантов, является механический состав осадков: илистые грунты с признаками восстановительной обстановки (вязкая текстура, запах сероводорода) аккумулируют НУ и ХЭВ на порядок эффективнее, чем песчаные разности, где преобладают процессы выноса загрязняющих веществ.

Наибольший уровень загрязнения НУ зафиксирован в Авачинской губе (станция А3, 30,6 мг/100 г), что закономерно для акватории, испытывающей интенсивную антропогенную нагрузку от портовой инфраструктуры и судоходства. В то же время высокое содержание ХЭВ

(280 мг/100 г) в бухте Русской на станции Р0, приуроченной к илистым отложениям, требует уточнения генезиса органического вещества. Бухты Вилючинская и Лиственничная в целом характеризуются более низкими показателями, однако наличие станций с повышенными значениями (В4, Л0) указывает на локальные зоны аккумуляции в защищенных участках с илистыми грунтами.

Полученные результаты подчеркивают необходимость учета литологических характеристик донных отложений при проведении экологического мониторинга и оценке антропогенной нагрузки на прибрежные акватории Камчатки, а также свидетельствуют о важности разделения природной и техногенной составляющих органического вещества при интерпретации данных.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 25-27-00613 «Органическое вещество донных отложений прибрежных акваторий с различным уровнем урбанизации побережья (п-ов Крым, Чёрное море и п-ов Камчатка, Тихий океан, Охотское море)».

Литература

1. *Мартыненко Д.О., Позолотина Л.А., Назарова М.А. и др.* Загрязнение нефтепродуктами прибрежных акваторий Авачинской губы (Авачинский залив) // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2025. – Вып. 71. – С. 87–107. DOI: 10.17217/2079-0333-2025-71-87-107.

2. *Зарипова К.М., Тихонова Е.А.* Распределение взвешенных веществ в прибрежных акваториях полуострова Камчатка // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2025. – № 71. – С. 108–119. DOI: 10.17217/2079-0333-2025-71-108-119.

3. *Зарипова К.М. и др.* Численность и распределение отдельных групп бактерий в воде прибрежной акватории полуострова Камчатка // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2025. – № 2. – С. 135–148. EDN VUFBCX.

4. *Писарева Н.А., Клочкова Н.Г.* Макрофитобентос бухты Вилючинской (Юго-Восточная Камчатка) // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2008. – № 7. – С. 166–172.

5. *Мартыненко В.* Камчатский берег: историческая лоция. – Петропавловск-Камчатский: Дальневост. кн. изд-во, Камч. отд-ние, 1991. – 190 с.

6. Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях № 43 / Под ред. С. Г. Орадовского.-- М.: Гидрометеоиздат, 1979. – 36 с

7. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С.Г. Орадовского. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977.

УДК 504.064.36:582.32(571.66)

Е.Д. Кулаченкова, А.В. Климова

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: annaklimovae@mail.ru

ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ С ПОМОЩЬЮ ЭПИФИТНЫХ МХОВ

В работе представлены результаты биоиндикационной оценки атмосферного загрязнения Авачинской агломерации – крупнейшей урбанизированной территории Камчатского края. Объектом исследования послужили эпифитные мхи *Pylaisia polyantha* и *Dicranum montanum*, отобранные в рекреационных зонах (парки, скверы) городов Петропавловска-Камчатск*ого* (n = 15) и Елизово (n = 13). Сбор проводился с поверхности стволов деревьев, что позволило минимизировать влияние почвенного фона и оценить преимущественно аэротехногенное поступление элементов. В растительных образцах определено содержание 10 элементов: Al, Mn, Sr, Ba, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb и Cd. На основе полученных данных рассчитаны коэффициент обогащения (*CF*), индекс нагрузки загрязнения (*PLI*) и показатель потенциального экологического риска (*PERI*). Установлено, что медианные концентрации металлов в Петропавловске-Камчатском превышают показатели г. Елизово, однако статистический тест Сидака не выявил значимых различий между городами. Это указывает на формирование гомогенного аэротехногенного фона в пределах агломерации. При этом комплексные индексы (*PLI*, *PERI*) демонстрируют нарастание техногенной нагрузки в краевом центре, связанное с суммарным влиянием морского порта и высокой плотностью автотранспорта в условиях сложного рельефа. В целом экологическое состояние рекреационных зон оценивается как стабильное, не достигающее критических уровней риска.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, Камчатский край, биоиндикация, тяжелые металлы, *Pleurozium schreberi*, Авачинская агломерация, экологические индексы.

E.D. Kulachenkova, A.V. Klimova

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: annaklimovae@mail.ru

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN URBANIZED AREAS OF THE KAMCHATKA REGION USING MOSSES

The paper presents the results of a bioindication assessment of atmospheric pollution in the Avacha agglomeration, the largest industrial and transport hub of the Kamchatka region. The objects of the study were the epiphytic mosses *Pylaisia polyantha* и *Dicranum montanum*, sampled in recreational areas (parks, squares) of Petropavlovsk-Kamchatsky (15 samples) and Yelizovo (13 samples). Sampling was carried out from the surface of tree trunks, which minimized the influence of the soil background and allowed for the assessment of primarily aerotechnogenic element input. The content of 10 elements (Al, Mn, Sr, Ba, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) was determined in the plant samples. Based on the obtained data, the contamination factor (CF), pollution load index (PLI), and potential ecological risk index (PERI) were calculated. It was found that median metal concentrations in Petropavlovsk-Kamchatsky exceed those in Yelizovo; however, the Sidak statistical test revealed no significant differences between the cities. This indicates the formation of a homogeneous aerotechnogenic background within the agglomeration. At the same time, complex indices (PLI, PERI) demonstrate an increase in the technogenic load in the regional center, associated with the combined influence of the seaport and high vehicle density in conditions of complex relief. In general, the ecological state of the recreational zones is assessed as stable, not reaching critical risk levels.

Key words: atmospheric pollution, Kamchatka region, bioindication, heavy metals, *Pleurozium schreberi*, Avacha agglomeration, ecological indices.

Оценка атмосферного загрязнения урбанизированных территорий является приоритетной задачей экологического мониторинга [1, 2], особенно в регионах с уникальными природно-климатическими условиями. Традиционные методы мониторинга с использованием стационарных постов часто ограничены в пространственном охвате, что делает актуальным применение методов биоиндикации [3, 4]. Мхи, в частности *Pleurozium schreberi*, широко признаны эффективными накопительными биоиндикаторами атмосферных выпадений тяжелых металлов благодаря их способности аккумулировать загрязнители непосредственно из воздуха, минуя почвенное поступление [5].

Авачинская агломерация, включающая Петропавловск-Камчатский и Елизово, представляет собой специфический объект для исследования. С одной стороны, регион характеризуется выраженным природным геохимическим фоном, обусловленным активным вулканизмом и особенностями подстилающих пород [6, 7]. С другой стороны, интенсивное развитие автотранспорта, деятельность морского порта, энергетических предприятий и аэропорта формируют техногенную нагрузку, требующую детальной оценки. Особенности рельефа и приморское положение агломерации создают условия для неоднородного распределения аэротехногенных потоков.

Несмотря на статус экологически благополучной территории, рекреационные зоны городов (парки, скверы) подвергаются скрытому антропогенному воздействию. Данная работа посвящена сравнительной оценке элементного состава мха *Pleurozium schreberi*, отобранного в зонах рекреации Петропавловска-Камчатского и Елизово. Цель настоящей работы – выявить особенности техногенной трансформации атмосферного воздуха в пределах Авачинской агломерации относительно локального фонового уровня на основе данных о содержании широкого спектра элементов (Al, Mn, Sr, Ba, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) и расчета комплексных экологических индексов (PLI, PERI).

Сбор образцов проводился в осенний период 2025 г. в пределах Авачинской агломерации (Камчатский край, рис. 1, *1*). Объектом исследования послужили мхи *Pylaisia polyantha* и *Dicranum montanum*. Всего было отобрано 28 образцов: 15 – в рекреационных зонах (парки, скверы, зеленые насаждения) г. Петропавловска-Камчатского (рис. 1, *3*) и 13 – в г. Елизово (рис. 1, *2*). Для исключения прямого влияния почвенного фона отбор проб осуществлялся с поверхности стволов деревьев. В качестве фонового значения использовался смешанный образец, собранный в экологически чистой зоне за пределами влияния агломерации, в районе оз. Синичкино. Сбор образцов в конце вегетационного периода позволил зафиксировать накопленный уровень загрязнения мхов за летний период 2025 г.

Образцы растительного материала высушивались на воздухе и измельчались. Для достижения постоянной массы пробы высушивались в сушильном шкафу при температуре 60°C в течение 24 ч. Минерализация навесок массой 0,2 г проводилась в системе микроволнового разложения Ethos UP (Milestone, Италия) в тефлоновых автоклавах при температуре 200°C в течение 20 мин. В качестве реагентов использовали азотную кислоту и перекись водорода. Определение валового содержания металлов (Al, Mn, Sr, Ba, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb и Cd) выполнялось методом атомно-эмиссионной спектрометрии с микроволновой плазмой на приборе MP-AES 4200 (Agilent, США). Обработка данных проводилась в ПО MP Expert. Контроль качества результатов обеспечивался анализом сертифицированных стандартных образцов ИГХ СО РАН: лист березы (ЛБ-1) и элодея канадская (ЭК-1).

На основе полученных концентраций металлов (мг/кг сухого веса) рассчитывали фактор загрязнения (Contamination factor, *CF*) [8]:

$$CF = C_i / C_b,$$

где C_i – концентрация металла в исследуемом образце,

C_b – концентрация металла в образце из фонового района.

На основе полученного значения *CF* выделяют следующие основные категории загрязнения: CF < 1 – загрязнение отсутствует, 1–2 – подозревается загрязнение, 2–3,5 – слабое загрязнение, 3,5–8 – умеренное загрязнение, 8–27 – сильное загрязнение, > 27 – экстремальное загрязнение [8].

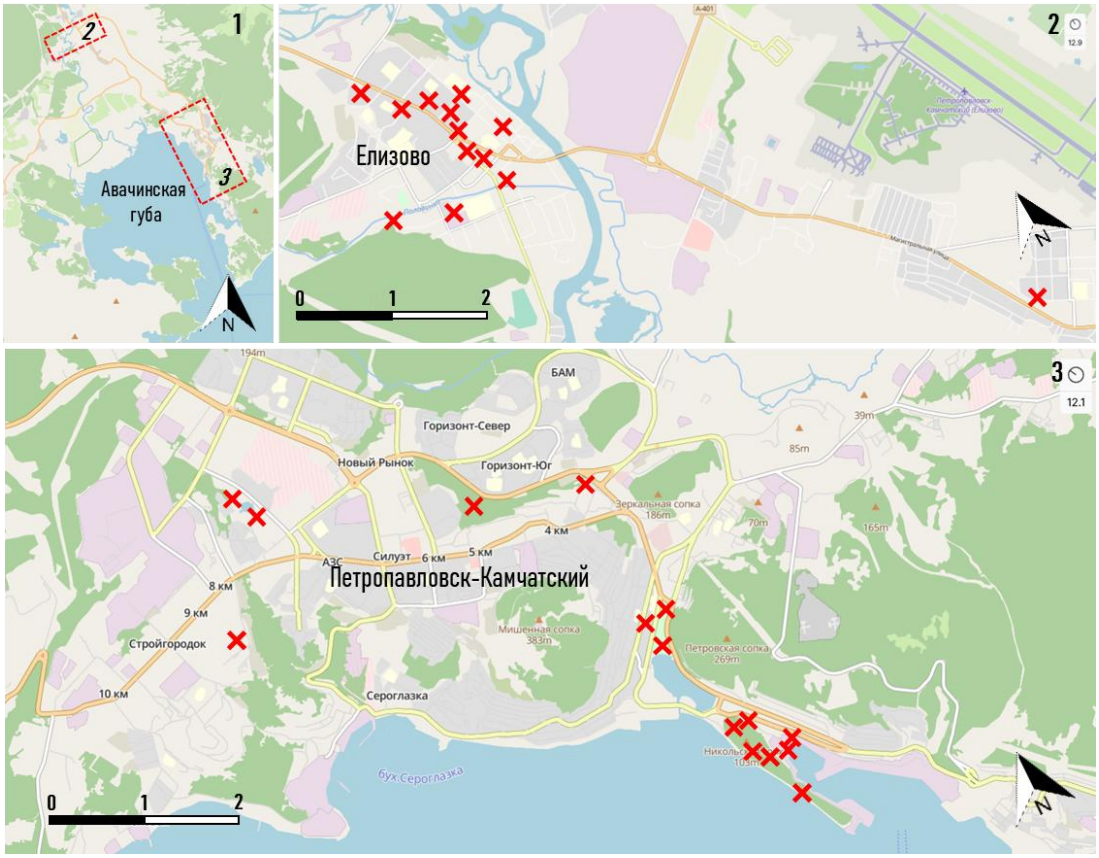


Рис. 1. Район исследований и схема отбора проб мха: 1 – общая карта-схема Авачинской агломерации; 2 – точки сбора в г. Елизово; 3 – точки сбора в г. Петропавловске-Камчатском. Масштабная линейка для фрагментов 2 и 3 составляет 2 км

Комплексную оценку загрязнения мхов металлами проводили на основании применяемых геохимических индексов загрязнения: индекс нагрузки загрязнения (Pollution Load Index, *PLI*) [9] и показатель потенциального экологического риска (Potential ecological risk, *PERI*) [10, 11]. Которые рассчитывали, применяя следующие формулы:

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times \ldots CF_n},$$

$$PERI = \sum_{i=1}^{n} E_r^i,$$

где n – количество проанализированных металлов,

E_r^i – потенциальный экологический риск отдельных элементов, который определяется: $E_r^i = T_r^i \times CF$ (T_r^i – фактор токсической реакции отдельных элементов для живых организмов, имеющий следующие значения для исследованных металлов: Cd = 30, Ni = 5, Cu = 5, Pb = 5, Cr = 2, Zn = 1).

В ходе исследования получены данные о содержании 10 химических элементов в тканях мхов (таблица). Установлено, что медианные концентрации большинства элементов в Петропавловске-Камчатском выше, чем в г. Елизово. Наиболее выраженные различия характерны для никеля (Ni) – 5,48 против 2,02 мг/кг, хрома (Cr) – 9,27 против 4,93 мг/кг и меди (Cu) – 27,1 против 20,4 мг/кг. В Авачинской агломерации в целом высокий коэффициент вариации выявлен для Ni. Превышение фоновых концентраций металлов по большей части элементов достигало 2 по медианным значениям, но в отдельных случаях, Pb, – 5–6 раз. Показатель суммарного содержания шести приоритетных загрязнителей (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd) в Петропавловске-Камчатском составил 274,0 мг/кг, что на 20% превышает уровень г. Елизово (228,0 мг/кг) (рис. 2, *2*).

Содержание микроэлементов в образцах эпифитных мхов Авачинской агломерации

Показатель	Элемент, мг/кг сухой массы									
	Al	Mn	Zn	Ba	Sr	Cu	Cr	Cd	Ni	Pb
Авачинская агломерация (n = 28)										
Минимум	1 514,42	43,83	94,66	23,40	34,66	10,63	2,12	0,06	0,00	1,57
Максимум	18 668,5	529,78	373,9	188,44	63,63	96,18	24,50	2,94	119,96	38,80
Среднее арифметическое	5 204,94	172,41	185,60	69,12	46,29	29,84	7,88	1,09	14,93	13,10
Медиана	4789,01	147,11	174,77	64,14	46,69	25,45	6,47	0,73	3,84	9,94
Стандартное отклонение	3 637,47	110,29	65,53	33,36	8,69	18,55	5,30	0,90	26,54	9,40
Коэффициент вариации, %	69, 9	64,0	35,3	48,3	18,8	62,2	67,3	82,4	177,7	71,8
Елизово (n = 13)										
Минимум	1 514,42	43,83	94,66	35,93	36,76	10,63	2,12	0,46	0,00	1,90
Максимум	6 018,59	183,84	284,98	110,80	63,63	37,06	8,45	1,85	119,96	16,54
Среднее арифметическое	3 956,61	116,62	172,97	65,19	51,68	21,27	5,34	1,05	17,36	9,63
Медиана	3 288,14	123,14	161,42	61,48	51,11	20,37	4,93	1,00	2,02	8,90
Стандартное отклонение	1 610,33	44,35	62,67	21,55	8,59	7,35	2,15	0,44	35,92	4,80
Коэффициент вариации, %	40,70	38,03	36,23	33,06	16,62	34,54	40,36	41,83	206,87	49,82
Петропавловск-Камчатский (n = 15)										
Минимум	2 163,08	75,13	110,47	23,40	34,66	17,94	3,13	0,06	1,26	1,57
Максимум	18 668,46	529,78	373,90	188,44	49,71	96,18	24,50	2,94	55,41	38,80
Среднее	6 286,82	220,75	196,54	72,53	41,61	37,26	10,09	1,13	12,82	16,10
Медиана	5 027,46	170,34	177,14	67,98	42,05	27,10	9,27	0,59	5,48	11,13
Стандартное отклонение	4 538,01	127,98	68,10	41,48	5,67	22,14	6,25	1,18	15,56	11,39
Коэффициент вариации, %	72,18	57,98	34,65	57,19	13,62	59,43	61,90	104,39	121,37	70,77
Фоновый участок										
Среднее	4 456,67	137,32	53,09	37,07	18,21	14,02	3,69	2,65	2,24	2,31

Расчет коэффициентов загрязнения (*CF*) относительно локального фона выявил значительную неоднородность антропогенной нагрузки (рис. 2). В Петропавловске-Камчатском среднее значение *CF* составило 2,95. При этом зафиксированы высокие пиковые значения для отдельных элементов: Ni (24,7), Pb (16,8), Zn (7,0), Cd (6,9) и Cr (6,6), что соответствует уровню умеренного и сильного загрязнения.

В г. Елизово средний показатель *CF* был ниже – 2,50, однако зафиксирован экстремальный максимум по Ni, что свидетельствует о наличии мощного локального источника. Для остальных металлов в Елизово максимальные значения составили: Pb (5,4) и Zn (3,3), а по прочим элементам коэффициент не превышал 4,0.

Несмотря на наличие локальных аномалий, применение критерия Сидака не выявило статистически значимых различий ($p > 0,05$) между выборками городов в целом. Это подтверждает формирование единого аэротехногенного фона агломерации, границы которого нивелируются интенсивным транспортным сообщением и трансграничным переносом воздушных масс. Интегральные индексы нагрузки загрязнения (*PLI*) и потенциального риска (*PERI*) в ПК выше, чем в Елизово, что обусловлено более частой встречаемостью высоких концентраций широкого спектра металлов (рис. 2, *3*, *4*). Основной вклад в индекс *PERI* в обоих городах вносят свинец, никель и цинк. Последнее согласуется с проведенными ранее исследованиям почв Петропавловска-Камчатского в районах интенсивной транспортной нагрузки и зонах воздействия объектов топливно-энергетического комплекса [12].

Исследование подтвердило информативность эпифитных мхов как пассивных биоиндикаторов атмосферных выпадений в условиях Авачинской агломерации. Выявлены зоны экстремального накопления металлов: в Петропавловске-Камчатском отмечены пиковые значения Pb и Cd, связанные с транспортным и портовым факторами. Согласно индексам *PLI* и *PERI*, состояние рекреационных зон агломерации характеризуется как стабильное и не достигающее критических

уровней риска. Однако выявленный аэральный путь поступления токсикантов в растительный покров указывает на необходимость постоянного биомониторинга для сохранения экологического благополучия региона.

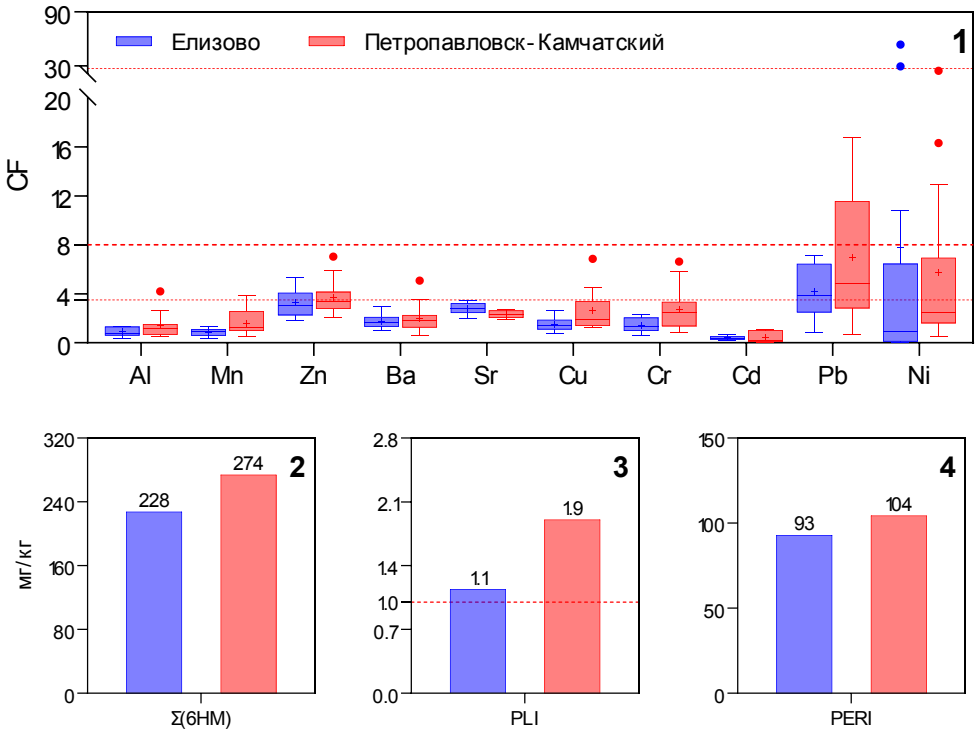


Рис. 2. Комплексная оценка загрязнения металлами мхов Авачинской агломерации:
1 – распределение средних значений коэффициента обогащения (CF),
2 – суммарное содержание приоритетных элементов (∑6НМ),
3 – индекс нагрузки загрязнения (PLI) и 4 – индекс экологического риска (PERI) в исследуемых городах

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20135, https://rscf.ru/project/25-24-20135/

Литература

1. *Complex* Study of Air Pollution Based on Tree Species in Vienna / *D. Bibi, D. T˝ozsér, B.Sipos; V.É. Molnár, E. Simon, B. Tóthmérész* // Air Qual. Atmos. Health. – 2024. – Vol. 17. – P. 417–424.

2. *Rentschler J., Leonova N.* Global air pollution exposure and poverty // Nat. Commun. – 2023. – Vol. 14. – P. 1–11.

3. *Theophilo C.Y.S., Ribeiro A.P., Moreira E.G. et al.* Biomonitoring as a nature-based solution to assess atmospheric pollution and impacts on public health // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 2021. – Vol. 107. – P. 29–36.

4. *Baczewska-Dabrowska A.H., Gworek B., Dmuchowski W.* The use of mosses in biomonitoring of air pollution in the terrestrial environment: A review // Environmental Protection and Natural Resources. – 2023. –Vol. 34. – P. 19–30.

5. Assessment of the Atmospheric Deposition of Potentially Toxic Elements Using Moss Pleurozium schreberi in an Urban Area: The Perm (Perm Region, Russia) Case Study / *E. Gatina, I. Zinicovscaia, N. Yushin, O. Chaligava, M. Frontasyeva, A. Sharipova* // Plants. – 2024. – Vol. 13. – P. 2353. – DOI https://doi.org/10.3390/plants13172353

6. *Захарихина Л.В. Литвиненко Ю.С.* Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Сообщение 2. Специфика формирования элементного состава вулканических почв в холодных гумидных условиях // Вулканология и сейсмология. – 2019. – № 3. – С. 25–33.

7. *Захарихина Л.В. Литвиненко Ю.С.* Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Элементный состав растительности вулканических экосистем// Вулканология и сейсмология. – 2019. – № 4. – С. 40–51.

8. *Fernández J.A., Carballeira A.* Evaluation of Contamination, by Different Elements, in Terrestrial Mosses // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2001. – Vol. 40. – P. 461–468.

9. *Varol M.* Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques // Jornal of Hazardous Materials. – 2011. – Vol. 195. – P. 355–364. – DOI 0.1016/j.jhazmat.2011.08.051

10. *Håkanson L.* An ecological risk index for aquatic, pollution control: A sedimentological approach // Water Res. – 1980. – Vol. 14. – P. 975–1001. – DOI 10.1016/0043-1354(80)90143-8.

11. *Jiang H.H., Cai L.M., Wen H.H., Luo J.* Characterizing pollution and source identification of heavy metals in soils using geochemical baseline and PMF approach // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 6460. – DOI 10.1038/s41598-020-63604-5.

12. Оценка уровня химического загрязнения почв г. Петропавловска-Камчатского / *Н.А. Ильюшенко, Д.О. Мартыненко, В.Г. Авдощенко, А.В. Сергеева, А.А. Кузьмина, А.В. Климова* // Почвоведение. – 2025. – № 5. – С. 739–754. – DOI 10.31857/S0032180X25050149. – EDN BVJWBO.

УДК 504.054:551.21(571.66+571.645)

Д.О. Мартыненко[1, 2], А.В. Климова[2]

[1] Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683006;
[2] Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: darri.martynenko@yandex.ru

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ВУЛКАНИЗМА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗА ПЕРИОД 2015–2025 ГОДОВ (НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ)

В работе представлен библиометрический анализ исследований, посвященных изучению влияния вулканизма на окружающую среду Камчатского края и Сахалинской области (включая Курильские острова) за период 2015–2025 гг. На основе анализа 145 научных работ выявлены ключевые тренды публикационной активности, их географическая приуроченность и ведущие организации-участники. Установлено доминирование ботанических и почвенно-геохимических направлений при выраженном дефиците исследований в области зоологии и биоиндикации атмосферного воздуха. Отмечена роль государственных программ мониторинга в формировании тематических всплесков научной активности. Результаты исследования позволяют систематизировать накопленный опыт и определить перспективные направления для будущих междисциплинарных экологических исследований в дальневосточном регионе.

Ключевые слова: вулканизм, окружающая среда, Камчатка, Курильские острова, Сахалин, биота, растительный покров, почвенный покров, публикационная активность, библиометрический анализ.

D.O. Martynenko[1, 2], A.V.Klimova[2]

[1] Institute of Volcanology and Seismology Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006;
[2] Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: darri.martynenko@yandex.ru

ENVIRONMENTAL IMPACT OF VOLCANISM IN THE KAMCHATKA REGION AND THE KURIL ISLANDS: A BIBLIOMETRIC REVIEW (2015–2025)

The paper presents a bibliometric analysis of research focused on the environmental impact of volcanism in the Kamchatka Territory and the Sakhalin Region (including the Kuril Islands) for the period 2015–2025. Based on an analysis of 145 scientific publications, the study identifies key trends in publication activity, research geography, and leading participating organizations. The findings reveal a predominance of botanical and soil-geochemical studies, while highlighting a significant gap in research dedicated to zoological aspects and atmospheric air bioindication. The role of state monitoring programs in driving thematic surges in scientific activity is noted. The results allow for the systematization of accumulated knowledge and the identification of promising gaps for future interdisciplinary environmental research in the Russian Far East.

Key words: volcanism, environment, Kamchatka, Kuril Islands, Sakhalin, biota, vegetation, soil cover, publication activity, bibliometric analysis.

Вулканическая активность является одним из ключевых геологических процессов, оказывающих масштабное и многогранное воздействие на окружающую среду. В мировом масштабе одними из наиболее активных зон являются Камчатский край и Сахалинская область (включая Курильские острова). Эти регионы по праву считаются «живыми лабораториями», где в естественной среде можно наблюдать уникальные геологические процессы в реальном времени.

Ценность данных территорий заключается не только в их геологии, но и в исключительном биологическом разнообразии. Взаимодействие вулканизма и живых организмов представляет собой сложный процесс, сочетающий в себе как деструктивные, так и конструктивные аспекты.

С одной стороны, извержения способны полностью уничтожать локальные экосистемы, вызывая массовую гибель флоры и фауны. С другой стороны, продукты извержений – вулканические породы и пепел – выступают мощным фактором почвообразования, обогащая субстрат микроэлементами и создавая условия для формирования хрупких, но уникальных экосистем.

Извержения вулканов не только преобразуют рельеф и формируют новые участки суши, но и поставляют в атмосферу колоссальные объемы газов, пепла и аэрозолей. Это приводит к каскадным эффектам: климатическим изменениям, деградации или, напротив, омоложению почв и глубокому биохимическому воздействию на живые организмы.

Целью настоящей работы является системный анализ публикационной активности в области исследований влияния вулканизма на окружающую среду Камчатки и Сахалинской области. В обзоре рассматривается период – с 2015 по 2025 гг., что позволяет проследить современные тренды, выявить наиболее изученные компоненты среды и определить перспективные «пробелы» для будущих научных исследований.

Информационную базу исследования составили данные национальной научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (https://www.elibrary.ru/). Для обеспечения репрезентативности выборки и объективности анализа был разработан алгоритм поиска, включающий следующие этапы:

1. *Стратегия поиска по ключевым словам*. Поиск осуществлялся по тематическим комбинациям на русском и английском языках: «влияние вулканизма» (volcanism impact), «окружающая среда» (environment), «биота» (biota), «растительность» (vegetation), «почва» (soil), «Камчатка» (Kamchatka), «Курильские острова» (Kuril Islands).

2. *Критерии включения*. Тип публикаций: оригинальные исследования, статьи в рецензируемых журналах и материалы международных/всероссийских конференций, диссертации. Географический охват: работы, объектом которых являются экосистемы Камчатского края и Сахалинской области. Временной интервал: публикации, вышедшие в период с 2015 по начало 2025 гг.

3. *Этапы отбора*. На первом этапе проводился автоматизированный поиск, давший первичный набор работ. На втором этапе осуществлялся ручной просмотр аннотаций для исключения статей исключительно геологической направленности (без экологического аспекта). Всего для итоговой оценки было отобрано 145 научных публикаций.

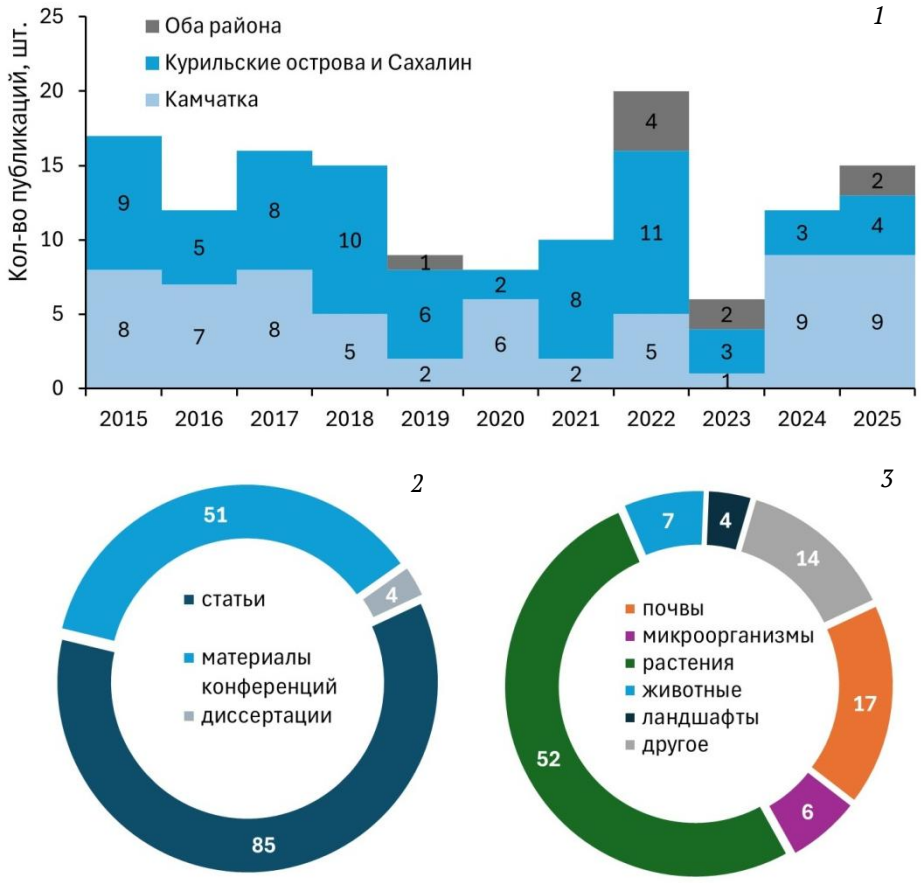
Анализ распределения работ по годам выявил неоднородную динамику (рис., *1*). В период 2015–2018 гг. наблюдалась стабильность публикационного потока (15–18 работ ежегодно). В период 2019–2023 гг. произошло общее снижение количества публикаций по данному направлению. Однако необходимо выделить 2022 г., когда зафиксирован всплеск активности (20 работ). Это напрямую связано с реализацией государственного задания сотрудниками Института морской геологии и геофизики (ИМГиГ ДВО РАН) по комплексному изучению растительного покрова Курильских островов и Сахалина, их адаптивных стратегий в условиях поствулканической деятельности. В последующие годы (2024–2025 гг.) показатели публикационной активности стабилизировались на уровне средних значений начала периода. Результаты, выполненных за десятилетний период работ, в основном были отражены в научных статьях (61%) и материалах конференций различного уровня (36%), реже в диссертационных работах (рис., *2*).

Анализ тематической направленности публикаций выявил значительный дисбаланс в изучении различных компонентов среды (рис., *3*). Растительный покров является доминирующим объектом изучения. Основной массив работ посвящен сосудистым растениям, их структурным трансформациям и адаптациям к экстремальным вулканическим условиям [1–3]. Важное место занимают исследования геоботанических характеристик термальных полей.

Почвенный покров занимает второе место по частоте упоминаний (рис., *3*). Публикации сфокусированы на содержании микроэлементов (включая тяжелые металлы), миграции радионуклидов, геохимическом влиянии продуктов извержений и изменении структуры почв [4].

К дефицитным направлениям отнесены крайне малочисленные исследования микроорганизмов, рыб и наземных животных [5, 6]. Отмечены единичные работы по биоиндикации атмосферного воздуха с использованием растений, а также дефицит публикаций, оценивающих прямое влияние вулканических продуктов на здоровье человека [7]. Большая часть таких данных представлена лишь в виде кратких заметок в отчетах комплексных экспедиций.

Несмотря на удаленность регионов, география участников исследований обширна и охватывает 71 организацию. Лидерами по количеству научных публикаций за рассматриваемый период являются: ИМГиГ ДВО РАН (Южно-Сахалинск), ИВиС ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский), МГУ им. М.В. Ломоносова, БИН РАН им. В.Л. Комарова и СПбГУ.



Результаты анализа публикационной активности по тематике влияния вулканизма на окружающую среду Камчатки и Сахалинской области (2015–2025 гг.):
1 – годовая динамика количества публикаций с распределением по ключевым регионам изучения,
2 – структура научных публикаций по типам изданий, 3 – распределение исследований по объектам изучения

В распределении мест изучения наблюдается явный приоритет полуострова Камчатка (более 70 упоминаний), за которым следуют Курильские острова (58 упоминаний). Остров Сахалин (19 упоминаний) исследуется реже, что объясняется отсутствием на нем активных магматических вулканов и сосредоточением интереса ученых на поствулканических процессах. Разрыв в количестве публикаций между Камчаткой и остальными зонами прямо коррелирует с частотой и мощностью проявлений современной вулканической активности в этих районах.

Настоящее исследование, сфокусированное на анализе отечественного сегмента научной литературы, позволило сформировать репрезентативный массив данных, отражающий основной вклад российских академических центров в изучение экологических последствий вулканизма за период 2015-2025 гг. Использование национальной библиографической базы на этапе первичного скрининга обосновано тем, что именно отечественные институты обладают уникальным массивом многолетних полевых данных и результатами мониторинга в рамках государственных заданий, которые являются фундаментом для понимания региональной специфики.

Изучение влияния вулканизма на окружающую среду в проанализированных регионах носит преимущественно ботанико-геохимический характер, оставляя без должного внимания зоологические и биомедицинские аспекты. Одной из приоритетных задач для будущего этапа исследований (включая сопоставление с мировым опытом) являются развитие биоиндикации атмосферного воздуха и оценка долгосрочного влияния продуктов извержений на здоровье населения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20135, https://rscf.ru/project/25-24-20135/

Литература

1. *Гришин С.Ю., Перепёлкина П.А., Бурдуковский М.Л.* Формы поражающего воздействия вулканов на древесную растительность Камчатки и Курильских островов // Биота и среда природных территорий. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 38–56. – DOI: 10.25221/2782-1978_2025_4_5

2. *Гришин С.Ю., Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Перепелкина П.А.* Воздействие пеплопада извержения вулкана Шивелуч (Камчатка, 11 апреля 2023 г.) на лесную растительность // Биота и среда природных территорий. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 39–55. – DOI 10.25221/2782-1978_2024_1_3. – EDN BJQRRW.

3. *Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С.* Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Сообщение 3. Элементный состав растительности вулканических экосистем // Вулканология и сейсмология. – 2019. – № 4. – С. 40–51. – DOI 10.31857/S0203-03062019440-51. – EDN OOAXWP.

4. *Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С.* Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Сообщение 1. Специфика формирования элементного состава вулканических почв // Вулканология и сейсмология. – 2019. – № 4. – С. 25–33.

5. *Жегалло Е.А., Зайцева Л.В., Орлеанский В.К.* и др. Роль бактерий в образовании гейзеритов Камчатки // Микробные сообщества в эволюции биосферы с древнейших времен до наших дней: Материалы конференции, посвященной памяти Георгия Александровича Заварзина, Москва, 17 ноября 2016 года. – Москва: ПИН РАН, 2017. – С. 8-21. – EDN YRROYP.

6. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях / *Н.К. Христофорова, В.Ю. Цыганков, М.Д. Боярова, О.Н. Лукьянова* // Океанология. – 2015. – Т. 55, № 5. – С. 751. – DOI 10.7868/S0030157415050068. – EDN UIMGOJ.

7. *Zinicovscaia I., Chernyagina O., Chaligava O. et al*. Moss biomonitoring in areas affected by ashfalls of Shiveluch volcano (Kamchatka) // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – Vol. 31. – P. 61730–61739. – DOI https://doi.org/10.1007/s11356-024-35383-3.

УДК 550.34:556.3(571.66)

Б.А. Опрышко[1], О.А. Белавина[2], В.А. Швецов[2], Д.П. Ястребов[2]

[1] Камчатский водоканал,
Петропавловск-Камчатский, 683009
e-mail: opryshkob@yandex.ru;
[2] Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

О ВЛИЯНИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТДЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Приоритетной задачей развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2035 года считается гарантированное обеспечение водными ресурсами. Разработка и внедрение автоматизированной системы контроля подземных питьевых вод месторождений обеспечивает высокие технико-экономические показатели мониторинга водозаборов. Результаты контроля режима подземных вод позволяют сделать выводы о том, что сейсмические события оказывают влияние на режим подземных вод и могут вызвать снижение дебита скважин на воду; скважинные водозаборы необходимо оснащать автоматизированными приборами для контроля режима подземных вод; измерительные устройства, необходимо программировать на интервал регистрации десять минут.

Ключевые слова: подземные воды, водозаборные скважины, контроль уровня подземных вод, влияние землетрясений, Камчатский край.

B.A. Opryshko[1], O.A. Belavina[2], V.A. Shvetsov[2], D.P. Yastrebov[2]

[1] Kamchatka Vodokanal,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009
e-mail: opryshkob@yandex.ru;
[2] Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

ON THE IMPACT OF EARTHQUAKES ON THE RESULTS OF MONITORING THE LEVEL OF UNDERGROUND WATER IN SELECTED DEPOSITS OF UNDERGROUND WATER IN THE KAMCHATKA REGION

The priority task of the development of the water management complex of the Russian Federation for the period up to 2035 is considered to be the guaranteed provision of water resources. The development and implementation of an automated system for monitoring underground drinking water sources ensures high technical and economic indicators for monitoring water intakes. The results of monitoring the regime of underground water allow us to conclude that seismic events have an impact on the regime of underground water and can cause a decrease in the water yield of wells. It is necessary to equip well water intakes with automated devices for monitoring the regime of underground water, and the measuring devices should be programmed to record data every ten minutes.

Key words: groundwater, water intake wells, groundwater level control, earthquake effects, Kamchatka Krai.

Приоритетной целью и задачей развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2035 года определено совершенствование системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для гарантированного обеспечения водными ресурсами [1].

Для достижения поставленной цели по повышению технологического суверенитета страны необходимо создание информационной (цифровой) среды для управления водохозяйственным комплексом с использованием данных мониторинга водных объектов [1]. Основные научные задачи в области управления водохозяйственным комплексом направлены на развитие научных основ мониторинга водных объектов [1].

Творческий коллектив (научно-образовательный центр) в составе сотрудников «КамчатГТУ» и КГУП «Камчатский водоканал» в период с 2014 по 2025 г. разработал и организовал локальные автоматизированные наблюдательные сети на пяти месторождениях питьевых подземных вод (ППВ) Камчатского края [2–7]. Разработка и внедрение автоматизированной системы контроля подземных питьевых вод Елизовского, Быстринского, Хуторского, Амшарикского и Халактырского месторождений обеспечили высокие технико-экономические показатели мониторинга водозаборов. Скважины месторождений подземных вод оснащены автоматическими программируемыми измерительными устройствами Levelogger Edge и Well Watch.

В августе 2025 г., после произошедшего землетрясения, были изучены результаты измерений уровней подземных вод и выполнен их анализ. Результаты измерений показали значительное колебание и последующее изменение уровня подземных вод на некоторых месторождениях. Местоположение этих месторождений ППВ представлено на рис. 1.



Рис. 1. Местоположение месторождений ППВ,
где были зафиксированы изменения уровней воды после землетрясений

Халактырское месторождение питьевых подземных вод, участок «Заозерный-1». Водоносный горизонт представлен хлоритовыми и кремнистыми сланцами различной степени трещиноватости. В разведочно-эксплуатационной скважине водозабора акустический уровнемер Well Watch, запрограммированный на регистрацию измерений с интервалом 5 мин, в момент землетрясения зафиксировал подъем уровня воды на 1,1 м, после землетрясения уровень снизился, но остался на 0,5 м выше, чем перед сейсмособытием. Результаты измерения уровня подземных вод в скважине участка «Заозерный-1» представлены графиком на рис. 2.

Хуторское месторождение питьевых подземных вод, участок «Пограничный». Водоносный горизонт представлен зоной миоценовых и комагматичных образований. В разведочно-

эксплуатационной скважине водозабора «Пограничный» акустический уровнемер Well Watch, запрограммированный на регистрацию измерений с интервалом 10 мин (11:20–11:30), зафиксировал подъем уровня воды на один метр. Уровень в течение 30 мин повысился еще на 0,13 м. Далее уровень снизился, но остался выше прежних уровней на 0,67 м. Результаты измерения уровня подземных вод в скважине участка «Пограничный» представлены графиком на рис. 3.



Рис. 2. График изменения уровня подземных вод при сейсмическом событии на участке «Заозерный-1»



Рис. 3. Уровень подземных вод в скважине участка «Пограничный»

Быстринское месторождение подземных питьевых вод. Водоносный горизонт месторождения представлен современными вулканогенно-пролювиальными отложениями. Наблюдательная скважина месторождения оснащена автономным программируемым прибором levelogger edge, погруженным на глубину 17 м от поверхности земли. Прибор измерял температуру и уровень воды в наблюдательных скважинах Быстринского МППВ каждый час. Наблюдения авторов выявили понижение уровня воды после землетрясения 30.07.2025 г. на 0,36 м. В дальнейшем (через 36 ч), уровень воды в наблюдательных скважинах немного (на 0,1 м) повысился. Результаты наблюдений уровня подземных вод на Быстринском МППВ показаны на рис. 4.



Рис. 4. Результаты измерения уровня подземных вод в наблюдательной скважине Быстринского МППВ

Анализ результатов контроля уровня подземных вод позволяет предположить, что снижение дебита скважин на воду может быть вызвано сейсмическими событиями (землетрясениями), для контроля уровня подземных вод следует использовать автоматизированные приборы, выполняющие измерения и их регистрацию через каждые 10 мин.

Литература

1. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Проект [Электронный ресурс]. – URL: https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/novaya-vodnaya-strategiya-do-2035.pdf?ysclid=mm8irofj50718151008 (дата обращения: 01.03.2026).

2. Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины: Патент 145347 Рос. Федерация. № 2014118257/03; заявл. 06.05.2014; опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

3. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли: Патент 223484 Рос. Федерация; № 2023123342; заявл. 07.09.2023. – Опубл. 19.02.2024, Бюл. № 5.

4. К вопросу о снабжении населения села Мильково Камчатского края питьевой водой / *Б.А. Опрышко, Ю.Н. Фиронов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, М.П. Гузь* // Вестник КамчатГТУ. – 2018. – № 44. – С. 14–20.

5. Оптимизация сети наблюдательных пунктов для изучения режима питьевых подземных вод Быстринского месторождения / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, Ю.Н. Фиронов, Д.А. Цыганов, О.А. Белавина* // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.). – Ч. I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С. 115–118.

6. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Повышение эффективности мониторинга подземных пресных вод Быстринского месторождения // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (22–24 марта 2016 г.): в 2 ч. / Отв. за вып. В.И. Карпенко. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – С. 117–119.

7. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* К вопросу развития автоматизированной системы контроля на водозаборе «Авачинский» Елизовского месторождения питьевых подземных вод: Материалы XV Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (19–20 марта 2024 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – С. 121–124.

УДК 504.5:582.272

Е.А. Ткачева[1], Д.О. Мартыненко[1, 2], А.В. Климова[1]

[1] Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003;
[2] Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683023
e-mail: annaklimovae@mail.ru

СОВМЕСТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА РОСТ РАННИХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS*

В работе представлены результаты лабораторного эксперимента по оценке влияния совместного загрязнения на раннее развитие бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* – ключевого вида литоральных сообществ Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). В ходе проведения 30-дневного эксперимента по изучению динамики роста выявлено, что совместное присутствие тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) и нефтяной эмульсии в концентрациях на уровне 1 ПДК приводит к сильному и необратимому угнетению развития проростков. Установлено, что ведущим фактором стресса является смесь металлов, снижающая относительную скорость роста до критических значений (0,01 сут$^{-1}$) к концу исследования. Дополнительного синергетического эффекта от внесения нефтепродуктов на уровне 1ПДК к смеси металлов в эксперименте не зафиксировано.

Ключевые слова: *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, Fucales, скорость роста, цинк, медь, свинец, нефтепродукты, номинальные концентрации, ранние стадии развития.

E.A. Tkacheva[1], D.O. Martynenko[1,2], A.V. Klimova[1]

[1] Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;
[2] Institute of Volcanology and Seismology,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683023
e-mail: annaklimovae@mail.ru

COMBINED EFFECTS OF HEAVY METALS AND PETROLEUM PRODUCTS ON THE GROWTH OF EARLY STAGES OF THE BROWN ALGA *FUCUS DISTICHUS*

This study presents the results of an experimental assessment of combined pollution effects on the early developmental stages of the brown alga *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, a key species of intertidal communities in Avacha Bay (Southeastern Kamchatka). During 30-day experiment monitoring growth dynamics, it was revealed that the combined presence of heavy metals (Zn, Cu, Pb) and petroleum products at concentrations equivalent to 1 Maximum Permissible Level leads to profound and irreversible inhibition of seedling development. The mixture of heavy metals was identified as the dominant stress factor, reducing the relative growth rate to critical values (0.01 day^{-1}) by the end of the study. No additional synergistic effect from oil products at the 1 MPL level was observed.

Key words: *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, Fucales, growth rate, zinc, copper, lead, petroleum products, nominal concentrations, early stages of development.

Авачинская губа (Юго-Восточная Камчатка) является одним из наиболее значимых рыбохозяйственных и транспортных узлов Камчатского края. Расположенные на ее берегах крупная городская агломерация и объекты военно-морской базы обусловливают многолетнее и интенсивное антропогенное воздействие на акваторию. Мониторинг экологического состояния бухты, ведущийся более 30 лет [1, 2], фиксирует устойчивый уровень загрязнения водной среды и донных отложений, особенно такими загрязнителями, как нефтепродукты и тяжелые металлы [3–6].

Длительная техногенная нагрузка привела к трансформации прибрежных сообществ, в частности к деградации пояса макрофитобентоса – основы первичной продукции и значимого субстрата для гидробионтов [1, 7]. В настоящее время отмечено существенное снижение видового разнообразия макрофитов по сравнению с показателями прошлых десятилетий (более 50%). Тем не менее, в составе литоральной флоры до сих пор сохраняются такие виды бурых водорослей, как *Alaria esculenta*, *Hedophyllum bongardianum* и бурая водоросль *Fucus distichus* subsp. *evanescens*.

Последний из указанных выше видов обладает высокой толерантностью к изменению условий среды и выраженной способностью к аккумуляции металлов, что делает его удобным объектом для биологического мониторинга [8, 9]. Использование *F. distichus* в качестве биоиндикатора позволяет оценивать уровень загрязнения среды, проводя элементный анализ его талломов. Кроме того, этот вид достаточно просто культивировать в лабораторных условиях, что открывает возможности для проведения токсикологических экспериментов, особенно с ранними стадиями жизненного цикла.

Известно, что наиболее чувствительными к загрязнению являются ранние стадии развития водорослей (зиготы и проростки), для которых даже низкие концентрации загрязнителей могут стать критическими. Ранее исследовалось влияние на проростки *F. distichus* отдельных металлов, таких как медь, кобальт, кадмий и свинец [10, 11] и комбинации металлов Cu с Co или Cd, или Pb [12]. Однако в естественных условиях гидробионты подвергаются комплексному воздействию различных типов загрязнителей. Изучение совместного влияния металлов и нефтепродуктов является актуальным для понимания механизмов устойчивости прибрежных экосистем Авачинской губы в условиях сочетанного загрязнения.

Целью настоящего исследования являлась оценка совместного воздействия тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) и нефтепродуктов (дизельное топливо) в концентрациях на уровне 1ПДК на скорость роста проростков *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в контролируемых лабораторных условиях.

Материалы и методы. Для получения культур использовали фертильные образцы *F. distichus*, собранные на литорали бух. Петропавловской (Авачинская губа) 7 декабря 2025 г. Проростки получали методом, описанным ранее [10, 13]. Культивирование водорослей проводили на IMR-среде [14] при солености 25‰, температуре +8°C, фотопериоде 10 : 14 и освещенности 30 мкмоль·фотонов/(м^2·с)).

В экспериментах тестировали влияние смесей загрязнителей в номинальных концентрациях 1ПДК: Cu (5 мкг/л), Zn (50 мкг/л), Pb (10 мкг/л). Для приготовления тестируемых растворов использовали соли $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ и $Pb(NO_3)_2$. Нефтепродукты в среду вносили в форме нефтяной эмульсии (номинальная концентрация 0,05 мг/л – 1ПДК), полученной путем механического перемешивания навески нефти с морской водой в течение 30 мин.

Лабораторное культивирование водорослей в загрязненных средах проводилась с 5-х по 30-е сутки развития проростков (всего 25 сут), первые 5 сут все культуры содержали в среде без загрязнителей. Параллельно выращивали контрольные группы в чистой IMR-среде. Измерения (n = 100 для каждой группы) проводили через каждые 3–5 сут с помощью инвертированного микроскопа Olympus IX73. При этом определяли сумму длин талломической и ризоидальной частей для последующей оценки показателей роста.

Расчет абсолютной скорости роста (*AGR*, мкм/сут) [15] проводили по формуле:

$$AGR = \left(L_2 - L_1\right) / \left(t_2 - t_1\right),$$

для определения относительной скорости роста (RGR, сут$^{-1}$) [15] использовали формулу:

$$RGR = \left(lnL_2 - lnL_1\right) / \left(t_2 - t_1\right),$$

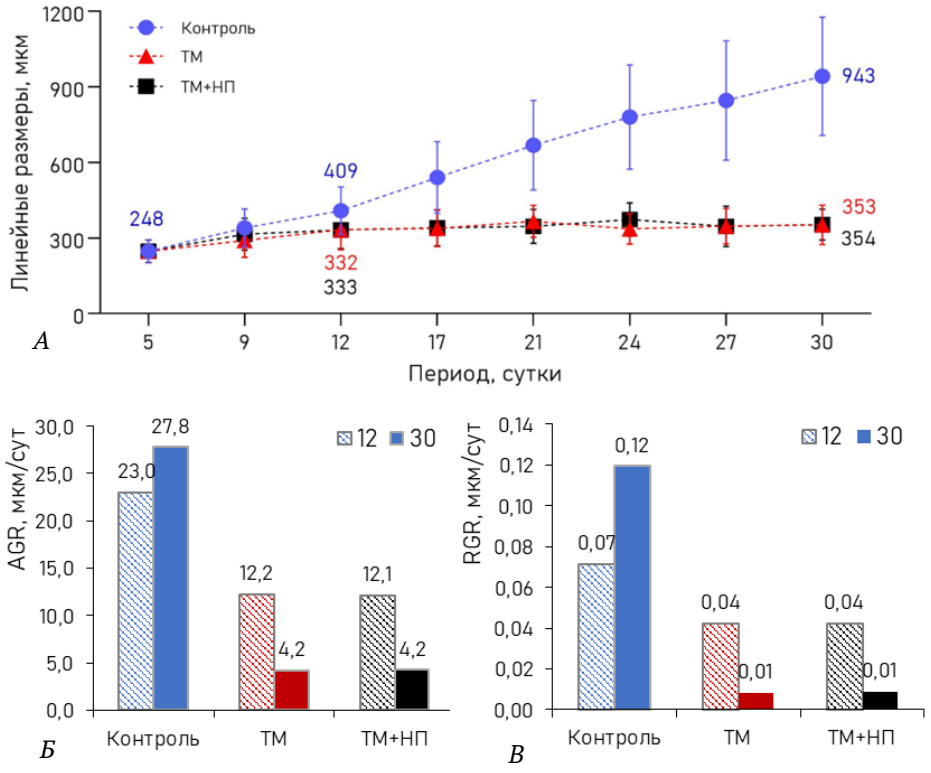
где L_1 – среднее значение начальной и L_2 –среднее значение текущей длины (мкм) проростков;

(t_2 – t_1) – период времени между начальным и текущим измерениями (сут).

Статистическую обработку и визуализацию результатов выполняли в программе GraphPad Prism ver. 10.2.3.

Изменения в размерах проростков были обнаружены через неделю культивирования проростков фукуса в среде с загрязнителями (рис., *А*). На 12-е сутки эксперимента во всех опытных группах отмечено достоверное снижение темпов роста (рис., *А*). В контроле абсолютная скорость роста (*AGR*) составила 23,0 мкм/сут (рис., *Б*). В группах со смесью металлов (ТМ) и металлов с нефтяной эмульсией (ТМ + НП) показатели были близки и не превышали 12,2 мкм/сут (~53% от контроля). Относительная скорость роста (*RGR*) в этот период также синхронно снизилась с 0,07 сут$^{-1}$ (контроль) до 0,04 сут$^{-1}$ в обеих опытных группах (рис., *В*). Это указывает на то, что на начальном этапе стресса ключевой вклад в угнетение роста вносят ионы металлов, а присутствие нефтепродуктов в концентрации 1ПДК не создает дополнительного ингибирующего эффекта на развитие проростков водорослей.

К 30-м суткам исследования разрыв в показателях стал существенным (рис., *А*). В контрольной группе значения *AGR* увеличилась до 29,0 мкм/сут (рис., *Б*), а *RGR* – до 0,12 сут$^{-1}$ (рис., *В*), что свидетельствует об активном морфогенезе. В опытных группах «ТМ» и «ТМ + НП» наблюдалось значимое подавление развития: значения AGR снизились до 4,2 мкм/сут, а RGR – до 0,01 сут$^{-1}$ (всего лишь 8–14% от контроля). Идентичность результатов в обеих группах подтверждает, что при хроническом воздействии на уровне 1ПДК тяжелые металлы (Zn, Cu, Pb) выступают доминирующим фактором, вызывающим необратимую остановку роста проростков, тогда как влияние нефтяной эмульсии остается второстепенным.



Показатели роста проростков Fucus distichus subsp. evanescens в среде с совместным содержанием загрязнителей в размере 1ПДК – Zn, Cu, Pb (ТМ) и Zn, Cu, Pb и НП (ТМ+НП) в течение 30 сут. А – изменение длины (мкм). Б – абсолютная скорость роста (AGR) и В – относительная скорость роста (RGR) на 12-е и 30-е сутки эксперимента. Для каждой группы приведены среднее значение и стандартное отклонение (n = 100)

Сравнение полученных данных с результатами наших предыдущих исследований изолированного [8, 9] и совместного [10] воздействия двух металлов позволяет выявить эффект сочетанного действия нескольких типов загрязнителей. Ранее было показано, что при раздельном внесении Co, Cd или Pb в аналогичных концентрациях проростки сохраняли более высокие темпы роста, а значимое угнетение показателей скорости роста наступало лишь при превышении порога в 5–10 ПДК или до 2 ПДК в случае совместного применения Cu и Pb. Однако в текущем экс-

перименте смесь Zn + Cu + Pb уже при 1ПДК вызвала практически полную остановку развития (*RGR* 0,01 сут$^{-1}$) уже к 12-м суткам эксперимента и показатели роста не менялась в течение следующих двух недель культивирования (рис., *Б* и *В*).

Выявленное усиление негативного эффекта при совместном присутствии металлов может быть объяснено их аддитивным действием или частичным синергизмом. Ионы разных металлов воздействуют на различные мишени в клетке: например, медь нарушает работу фотосинтетического аппарата и мембранную проницаемость, свинец замедляет синтез ДНК и ферментативную активность в целом [16]. Вероятно, такое суммарное воздействие перегружает имеющиеся адаптивные механизмы проростков фукуса значительно быстрее, чем это происходит при загрязнении только одним токсикантом. Результаты проведенного исследования позволяют обратить внимание на то, что экологические риски в Авачинской губе недооцениваются, если основываться только на анализе отдельных компонентов загрязнения. Комплексный характер токсичности (металлы и нефтепродукты) создает кумулятивный эффект, который лишает проростки *F. distichus* возможности восстановления даже после улучшения качества среды обитания.

Литература

1. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 208 с.

2. Исторический обзор исследований и основные результаты комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в 2013 г. */ Е.В. Лепская, О.Б. Тепнин, В.В. Коломейцев, Е.А. Устименко, Н.В. Сергеенко, Д.С. Виноградова, В.Д. Свириденко, М.А. Походина, В.А. Щеголькова, В.В. Максименков, А.А. Полякова, Р.С. Галямов, С.Л. Горин, М.В. Коваль* // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – № 34. – С. 5–21.

3. Воздействие антропогенного загрязнения на состояние макрофитобентоса в бухте Раковая (Авачинская губа, юго-восточная Камчатка) / *Н.Г. Клочкова, А.В. Климова, С.О. Очеретяна, А.Э. Кусиди, Е.В. Касперович* // Вестник КамчатГТУ. – 2016. –Вып. 35. – С. 53–64.

4. *Очеретяна С.О., Походина М.А., Якушева И.А.* Исследование химического состава массовых видов зеленых водорослей прибрежных вод Камчатки // Вестник Северо-восточного научного центра ДВО РАН. – 2014. – № 2. – С. 70–78.

5. Загрязнение нефтепродуктами прибрежных акваторий Авачинской губы (Авачинский залив) / *Д.О. Мартыненко, Л.А. Позолотина, М.А. Назарова, А.В. Климова* // Вестник КамчатГТУ. – 2025. – № 71. – С. 87–107. – DOI 10.17217/2079-0333-2025-71-87-107. – EDN QCJNPG.

6. Доклад о состоянии окружающей с среды в Камчатском крае в 2023 году. – Петропавловск-Камчатский: Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края, 2024. – 424 с.

7. *Лопатина Н.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г.* Современный видовой состав массовых представителей макрофитобентоса Авачинской губы и его сезонные изменения // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. (12–14 марта 2017 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – С. 142–147.

8. Биология развития и экология бурой водоросли *Fucus distichus* в прибрежных водах Камчатки: Монография / *Т.А. Клочкова, А.Н. Кашутин, А.В. Климова, Н.Г. Клочкова*. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021. – 128 с.

9. *Чернова Е.Н.* Биогеохимический фон и особенности накопления металлов фукусовыми водорослями в прибрежных водах Японского, Охотского и Белого морей // Биология моря. – 2016. – Т. 42, № 1. – С. 60–68. – EDN TOBWAK.

10. *Климова А.В., Болотова Р.Г., Клочкова Т.А.* Развитие проростков бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (Fucales, Phaeophyceae) в условиях избыточного содержания свинца и кадмия // Физиология растений. – 2022. – Т. 69, № 4. – С. 427–437.

11. *Климова А.В., Клочкова Т.А., Болотова Р.Г.* Воздействие кобальта и меди на рост проростков бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (Fucales, Phaeophyceae) // Вестник КамчатГТУ. – 2023. – № 64. – С. 22–31. (DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-22-31).

12. *Мартыненко Д.О., Климова А.В., Клочкова Т.А.* Комплексное воздействие металлов на раннее развитие бурой водоросли *Fucus distichus* в условиях лабораторного культивирования //

Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Седьмой нац. (всерос.) науч.-техн. конф. (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2024 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2025. – С. 173–177. – EDN LJLRXE.

13. *Климова А.В., Кашутин А.Н.* Раннее развитие камчатских представителей *Fucus evanescens* (Phaeophyceae, Fucales) в условиях лабораторного культивирования // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – № 37. – С. 50–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-37-50-56.

14. Biology of a terrestrial green alga, *Chlorococcum* sp. (Chlorococcales, Chlorophyta), collected from the Miruksazi stupa in Korea / *T.A. Klochkova, S.-H. , G.Y. Kang Cho, C.M. Pueschel, J.A. West, G.H. Kim* // Phycologia. – 2006. – Vol. 45. – P. 349–358.

15. Hunt R. Basic Growth Analysis. – Dordrecht: Springer, 1990. – 112 p. – DOI: 10.1007/978-94-010-9117-6_2.

16. A review of common parameters and descriptors used in studies of the impacts of heavy metal pollution on marine macroalgae: identification of knowledge gaps and future needs / *G.B. Costa, G. Koerich, B. de Ramos, F. Ramlov, B. Martínez-Crego, M.M. Costa, D. Jesus, R.O.P. Santos, P.A. Horta Jr.* // Acta Botanica Brasilica. – 2020. – Vol. 34, № 3. – P. 460–477. – DOI:10.1590/0102-33062020abb0072.

Секция 3. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.956: 597.552.51

М.В. Благонравова, С.М. Чугункова, А.А. Завалишин, К.Е. Стрелец

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: mblagonravova@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СНЕКОВ ИЗ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ С ВЫСОКОЙ НУТРИТИВНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

В статье приведены результаты исследования рынка рыбных чипсов торговой сети г. Петропавловска-Камчатского, а также результаты сравнения органолептических показателей и химического состава представленных в магазинах и произведенных по разработанным рецептурам образцов снековой продукции из горбуши с добавлением бурых водорослей, приведены результаты расчета цены упаковки экспериментальной продукции.

Ключевые слова: снеки, лососевые рыбы, бурые водоросли, органолептическая оценка, химический состав, себестоимость.

M.V. Blagonravova, S.M. Chugunkova, A.A. Zavalishin, K.E. Strelets

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: mblagonravova@mail.ru

PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF SALMON SNACKS WITH HIGH NUTRITIONAL DENSITY

The article presents the results of a study of the fish chips market of the Petropavlovsk-Kamchatsky retail chain, as well as the results of a comparison of organoleptic parameters and chemical composition of samples of pink salmon snack products with the addition of brown algae presented in stores and produced according to developed recipes, and the results of calculating the price of packaging experimental products.

Key words: snacks, salmonids, brown algae, organoleptic assessment, chemical composition, cost price.

Научный мир все более утверждается во мнении, что следующей научно-технологической революцией будет биотехнологическая, фокус которой будет направлен на сохранение здоровья и потенциала человека [1]. Существуют данные, показывающие, что рацион современного человека приводит к росту неинфекционных хронических заболеваний и так называемому скрытому голоду [2]. Этим термином описывают несоответствие качества потребляемой пищи реальным потребностям организма в питательных веществах. Для решения этой проблемы целесообразно координировать пищевые ингредиенты для создания рациона с повышенной пищевой ценностью. Необходимо разрабатывать и внедрять в рацион населения новые виды продукции, которые смогут восполнять дефицит макро- и микронутриентов, что в конечном счете сыграет важную роль в переходе к сбережению здоровья. Используемый термин «еда для здоровья» подразумевает нутритивную плотность, экологическую чистоту, наличие всех необходимых нутриентов в соответствии с потребностями людей.

Множество полезных веществ содержат в себе рыба и морепродукты. Несмотря на уникальную ресурсную базу гидробионтов и высокий уровень российского самообеспечения рыбой

и рыбопродуктами (около 125,4% в 2024 г.) [3], в 2024 г. уровень потребления рыбы и рыбопродуктов в среднем на потребителя в год составил 22,8 кг, не достигая рекомендуемой Минздравом РФ нормы (28 кг). Для увеличения этого показателя необходимо создавать новые продукты, вкусные, полезные, не требующие готовки, удобные для всех категорий населения.

Рынок здоровых снеков (ЗОЖ-снеков) в России в последние годы растет устойчивыми темпами и меняет структуру потребления. В первом полугодии 2025 г. продажи чипсов в упаковках снизились на 7% по сравнению с предыдущим годом, при этом спрос уходит в «более полезные» снеки – семечки, мясные, овощные и морские продукты [4]. Таким образом, представляется целесообразным привлечь внимание потребителя новым продуктом – чипсами с высокими органолептическими свойствами, произведенными из экологически чистого тихоокеанского лосося. Увеличения нутритивной плотности возможно добиться, используя биопотенциал водорослей как источника абсолютно уникальных нутриентов.

Изучение ассортимента рыбных снеков в торговой сети г. Петропавловска-Камчатского показало, что ассортимент представлен довольно узко, в основном сушено-вяленой продукцией (рис. 1).



Рис. 1. Образцы рыбных снеков, представленных в торговой сети г. Петропавловска-Камчатского

На прилавках представлены сушено-вяленые соломка и кусочки из минтая, воблы, лосося и других видов рыб. Органолептическая оценка показала, что снеки имеют приятный рыбный вкус, при этом общей характерной особенностью является жесткость снековой рыбной продукции и отсутствие хруста при разжевывании.

С целью расширения ассортимента, придания снековой продукции из лососевых новых улучшенных органолептических характеристик были разработаны рецептуры чипсов «Морская гармония» из горбуши с добавлением бурых водорослей (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид экспериментальных образцов рыбных чипсов «Морская гармония», произведенных из фарша горбуши с добавлением ламинариевых водорослей

Снековой продукции придали внешний вид традиционных картофельных чипсов. Проведенный сравнительный анализ химического состава, цены и органолептических показателей различных видов чипсов (рис. 3) показал, что экспериментальные образцы значительно превосходят представленные на прилавках чипсы по показателю «хрусткость», отличаются сниженным содержанием соли, не содержат химические консерванты. Дегустаторы отметили, что чипсы нового вида характеризуются высокими вкусовыми свойствами, приятно хрустят, по структуре похожи на традиционные чипсы. Особо отмечено приятное сочетание вкуса горбуши и водорослей, притом что водорослевая составляющая не перебивает рыбный вкус.



Рис. 3. Сравнительный анализ характеристик рыбных и картофельных снеков, представленных в торговой сети г. Петропавловска-Камчатского, а также экспериментальных образцов «Морская гармония»

Проведенный расчет экономических показателей (таблица) показал, что цена упаковки чипсов нового вида составит 102,2 руб., что является конкурентной ценой на рынке полезных снеков.

Результаты расчета экономических показателей

Показатель	Значение
Полная себестоимость упаковки продукции	36,54 руб.
Масса упаковки продукции	0,03 кг
Целевая маржа производителя	45%
Цена продажи в магазин	66,43 руб.
Целевая маржа	35%
Цена полки	102,20 руб.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– актуальной задачей является разработка вкусных и полезных снеков, отличающихся высокими органолептическими показателями, а также повышенной биологической ценностью;

– ассортимент рыбных снеков в торговой сети г. Петропавловска-Камчатского представлен довольно узко, общей особенностью представленной продукции является жесткость и отсутствие хруста при разжевывании;

– разработанные экспериментальные образцы чипсов имеют приятный вкус, значительно превосходят представленные на прилавках чипсы по показателю «хрусткость», отличаются сниженным содержанием соли, не содержат химические консерванты, по структуре похожи на традиционные чипсы.

Появление на рынке здоровых снеков – чипсов из лососевых рыб с высокой нутритивной плотностью, произведенных по разработанной рецептуре, очевидно, будет интересно населению как уникальными органолептическим свойствами и высокой биологической ценностью, так и конкурентной ценой.

Литература

1. Будущее биотехнологическое [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7199303 (дата обращения: 14.02.2026).

2. Неинфекционные заболевания [Электронный ресурс] // Сайт Всемирной организации здравоохранения. – URL: https://www.who.int/ru/newsroom/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (дата обращения: 27.01.2026).

3. Коллегия итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2024 году и задачи на 2025 год [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1769488164&tld=ru&lang=ru&name=sbornik (дата обращения: 25.10.2025).

4. Рынок снеков в России: продажи чипсов сокращаются, «здоровые» альтернативы растут [Электронный ресурс]. – URL: https://logistics.ru/produkty-pitaniya-i-fresh-promyshlennost-riteyl/rynok-snekov-v-rossii-prodazhi-chipsov (дата обращения: 14.01.2026).

УДК 664.951.5

Т.М. Бойцова, С.О. Гоменюк

Дальневосточный федеральный университет,
Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»,
Владивосток, 690922
e-mail: gomenyuk.so@dvfu.ru

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ CO_2-ЭКСТРАКЦИЯ ЛИПИДОВ ИЗ ПЕЧЕНИ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИДАТКОВ КАЛЬМАРА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ

Печень и биологические придатки кальмара (икра, гонады, железистые органы) относятся к высоколипидным и биологически активным побочным продуктам переработки, которые в настоящее время в основном направляются в отход или используются для производства кормовой муки, что приводит к недоиспользованию ресурсного потенциала уловов [1–3]. Жир печени командорского кальмара *Berryteuthis magister* характеризуется высоким содержанием ω-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и алкилглицериновых эфиров, а также наличием фосфолипид-связанных форм ЭПК и ДГК, что делает его перспективным сырьем для производства нутрицевтиков и функциональных ингредиентов. Икра и гонады кальмара содержат концентрированные липиды, белок и нуклеотиды, рассматриваются как потенциальное сырье для биологически активных добавок и требуют отдельного учета в схемах комплексной переработки. В работе рассматриваются технико-химические характеристики печени и биологических придатков кальмара, обосновывается применение сверхкритической CO_2-экстракции (SC-CO_2) для получения высококачественных липидных продуктов, обсуждается состав и технологическое значение обезжиренного остатка, дефицитного по аминокислотному профилю, а также направления его использования в биорефинерийных технологиях [1-4].

Ключевые слова: кальмар, печень, икра, биологические придатки, сверхкритическая CO_2-экстракция, ω-3 ПНЖК, алкилглицериновые эфиры, обезжиренный остаток, аминокислотный состав, комплексная переработка.

T.M. Boytsova, S.O. Gomenyuk

Far Eastern Federal University,
Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems",
Vladivostok, 690922
e-mail: gomenyuk.so@dvfu.ru

SUPERCRITICAL CO_2 EXTRACTION OF LIPIDS FROM SQUID LIVER AND BIOLOGICAL APPENDAGES UNDER INTEGRATED RAW MATERIAL PROCESSING

Squid liver and biological appendages (roe, gonads, glandular organs) are high-lipid and bioactive by-products of squid processing that are currently underutilized, often being diverted to low-value feed or waste streams. [1–3] Commander squid (Berryteuthis magister) liver fat is rich in omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) and alkylglycerol ethers and contains phospholipid-bound EPA and DHA, which makes it a promising raw material for nutraceutical and functional food ingredients. Squid roe and gonads accumulate lipids, proteins and nucleotides and represent attractive substrates for the production of biologically active additives, but are rarely included in technological schemes of comprehensive processing. This article summarizes techno-chemical characteristics of squid liver and biological appendages, substantiates the use of supercritical CO_2 extraction (SC-CO_2) to obtain solvent-free lipid products, and discusses the composition and technological significance of the defatted residue, which is limited in essential amino acids and thus requires targeted use in biorefinery concepts [1–4].

Key words: squid, liver, roe, biological appendages, supercritical CO_2 extraction, omega-3 PUFA, alkylglycerol ethers, defatted residue, amino acid composition, integrated processing.

Дальневосточные промысловые кальмары, в том числе командорский кальмар *Berryteuthis magister*, формируют значимую долю вылова головоногих моллюсков, однако переработка по-прежнему ориентирована преимущественно на мышечные ткани, тогда как печень, гонады, икра, головы и хрящевые структуры относятся к побочным продуктам. Масса внутренних органов и придатков может достигать 20–30% от массы тела, причем именно эти ткани содержат наибольшие количества липидов, биологически активных фосфолипидов, алкилглицериновых эфиров, нуклеотидов и других функционально значимых соединений [1–3]. В существующих технологиях большая часть этого сырья направляется на производство кормовой муки или технических жиров, что снижает общую экономическую эффективность переработки и не соответствует принципам ресурсосбережения и биорефинерийного подхода [2, 5, 6].

Жир печени командорского кальмара рассматривается как перспективный источник ω-3 ПНЖК и алкилглицериновых эфиров, обладающих иммуномодулирующими, противоопухолевыми и нейропротективными эффектами. Показано, что ПНЖК печени *B. magister* присутствуют не только в триглицеридной, но и в фосфолипидной и эфирной формах, что повышает биодоступность и биологическую активность жира по сравнению с традиционным рыбьим жиром. Икра и гонады кальмаров характеризуются высоким содержанием белка (до 16–20% от сырой массы), липидов (10–25%) и нуклеотидов, что позволяет рассматривать их как сырье для производства биологически активных добавок и специализированных продуктов питания [1–4, 7].

Традиционные методы выделения липидов из печени и гонад – влажная редукция, Soxhlet-экстракция органическими растворителями, ферментативные методы – имеют ограничения, связанные с высокой температурной нагрузкой, образованием продуктов окисления, риском остаточного растворителя и экологическими аспектами. Сверхкритическая CO_2-экстракция (SC-CO_2) в последние десятилетия активно развивается в США и Европе как «зеленая» технология выделения липидов из рыбной висцеры, печени и побочных продуктов переработки [4, 8–10]. Работы по экстракции жира из висцеры сома, анчоуса и других видов показали, что SC-CO_2 обеспечивает выход, сопоставимый с Soxhlet-экстракцией, при этом исключая остаточные растворители и снижая степень окислительной порчи ПНЖК [3, 8, 9].

Применительно к печени и биологическим придаткам кальмаров вопросы оптимизации SC-CO_2-процесса, оценки качества получаемых продуктов и использования обезжиренного остатка изучены недостаточно, что определяет цель настоящей работы – обоснование технологической схемы комплексной переработки этих фракций с использованием SC-CO_2-экстракции [10].

В качестве объекта рассматривается печень и биологические придатки (икра, гонады, фрагменты репродуктивных органов) промысловых кальмаров дальневосточного бассейна, преимущественно *Berryteuthis magister* [1–3, 6]. По литературным данным, содержание жира в печени составляет 13–22% сырой массы, в икре и гонадах – 10–25%, содержание белка – 12–20%, что позволяет отнести данные ткани к высоколипидным и высокобелковым компонентам [1–3].

Технологическая схема, принимаемая за основу, включает санитарную подготовку сырья, разделение мышечной части и внутренних органов, сортировку печени и биологических придатков, их сублимационную или щадящую конвективную сушку до влажности ниже 15%, измельчение до частиц 1–3 мм, SC-CO_2-экстракцию липидов и последующую переработку обезжиренного остатка [4, 8–10]. Для печеночного сырья и икры предполагается использование SC-CO_2-экстрактора с рабочим диапазоном давления 15–40 МПа и температуры 35–60°C по аналогии с процессами для висцеры сома и анчоуса; для повышения выхода фосфолипидов и алкилглицериновых эфиров возможно введение этанола в качестве сорастворителя (5–10% от расхода CO_2) [3, 8, 9].

Качественная характеристика жировых продуктов включает определение жирнокислотного профиля методом ГХ-МС, содержания ЭПК и ДГК, доли фосфолипидов и алкилглицериновых эфиров, показателей окислительной стабильности (перекисное и анизидиновое числа, индукционный период), содержания токоферолов и тяжелых металлов. Обезжиренный остаток печени, икры и гонад оценивают по массовой доле белка и жира, аминокислотному составу (расчет показателя полноты белка), содержанию минеральных веществ и показателям безопасности [1, 3, 6, 9, 11, 12].

Технико-химические характеристики печени и биологических придатков кальмара. Согласно данным химического анализа и литературным источникам, печень командорского кальмара характеризуется высокой массовой долей липидов (до 20–25% сырой массы), при этом суммарное содержание ω-3 ПНЖК (ЭПК+ДГК) в общей жирнокислотной смеси может достигать

20–35%. Помимо триглицеридной фракции, значимую часть составляют фосфолипиды и алкилглицериновые эфиры, что отличает печеночный жир кальмара от большинства видов рыбьего жира. Для печени характерно также повышенное содержание жирорастворимых витаминов и микроэлементов (Fe, Se, Zn), что требует учета при нормировании потребления и выборе направлений использования [1, 3, 9].

Икра и гонады кальмара содержат 12–18% белка и 10–25% липидов, в состав которых входят ПНЖК семейства ω-3 и ω-6, а также фосфолипиды и нуклеотиды. Исследование нуклеотидного состава гонад головоногих моллюсков показывает наличие значимых количеств ДНК- и РНК-фрагментов, что позволяет рассматривать данные ткани как потенциальное сырье для получения олигонуклеотидных комплексов и БАД с метаболической и иммуномодулирующей активностью. Суммарное содержание золы в печени и икре составляет 1,5–3,0%, что обеспечивает поступление кальция, фосфора и микроэлементов при включении данных продуктов в рецептуры [1–4, 7].

Технико-химические показатели печени и биологических придатков в совокупности указывают на высокую целесообразность их селективного выделения и раздельной технологической переработки с получением специализированных жировых и белково-нуклеотидных продуктов [1–3, 5–7].

Обоснование применения SC-CO_2-экстракции. SC-CO_2-экстракция имеет ряд принципиальных преимуществ по отношению к традиционным методам выделения жира из печени и икры. Рабочие температуры 35–60°C существенно ниже температур влажной редукции (80–100°C) и стадий отгонки растворителей при Soxhlet-экстракции, что снижает риск термической деструкции термолабильных ПНЖК, алкилглицериновых эфиров и витаминов. При сбросе давления CO_2 полностью испаряется, обеспечивая отсутствие остаточного растворителя в готовом продукте, что особенно важно для жиров, предназначенных для пищевых и фармацевтических применений [3, 4, 8–10].

Исследования по SC-CO_2-экстракции жира из висцеры сома и побочных продуктов анчоуса показали, что при давлениях 20–40 МПа и температурах 40–60°C достигается 85–95% выхода по отношению к Soxhlet-экстракции, при этом получаемые масла характеризуются более низким перекисным числом и лучшей окислительной стабильностью. Экологическая оценка SC-CO_2-процессов при переработке пищевых отходов указывает на снижение совокупного углеродного следа и возможность рециркуляции CO_2, что соответствует современным требованиям «зеленых» технологий [3, 7–9, 12].

Применительно к печени и биологическим придаткам кальмаров SC-CO_2 позволяет варьировать селективность: при более низких давлениях и температурах преимущественно извлекаются нейтральные липиды, при повышении давления и введении этанола в качестве сорастворителя – фосфолипиды и фракции, обогащенные алкилглицериновыми эфирами. Это создает предпосылки для получения целой линейки продуктов – от конвенционального пищевого жира до концентратов ω-3 ПНЖК и фосфолипидных комплексов с высокой биологической активностью [1, 3, 8, 9].

Обезжиренный остаток: аминокислотная неполноценность и направления использования. После извлечения липидов SC-CO_2-методом образуется обезжиренный остаток печени, икры и гонад, представляющий собой высокобелковое сырье с содержанием протеина 55–70% от сухой массы. В ряде исследований по глубокой переработке жиросодержащих отходов гидробионтов показано, что белок обезжиренного остатка характеризуется дефицитом ряда незаменимых аминокислот (метионин, лизин, триптофан) относительно «идеального» белка, что ограничивает его прямое использование в качестве единственного источника белка в диетическом питании [2, 6, 11, 12].

Тем не менее аминокислотный профиль такого белка может быть сбалансирован при использовании в составе комбинированных продуктов – кормовых добавок, белково-минеральных концентратов, гидролизатов в сочетании с растительными белками или белками других видов гидробионтов. Авторами технологий кормовых добавок на основе отходов разделки кальмара предложены схемы биомодификации обезжиренного остатка ферментативными препаратами, позволяющие повысить усвояемость белка и обогатить его низкомолекулярными пептидами с физиологической активностью [6, 11, 12].

Таким образом, при внедрении SC-CO_2-процесса важно рассматривать обезжиренный остаток не как отход, а как ценное сырье для последующих стадий биоконверсии и получения биологически активных продуктов, что полностью соответствует биорефинерийной концепции комплексного использования гидробионтов [2, 6, 11, 12].

Печень и биологические придатки (икра, гонады) кальмаров дальневосточного бассейна являются высоколипидными и биологически активными побочными продуктами переработки, обладающими значительным потенциалом для получения нутрицевтических и функциональных ингредиентов [1–3]. Жир печени командорского кальмара отличается высоким содержанием ω-3 ПНЖК и алкилглицериновых эфиров, а икра и гонады содержат концентрированный белок, липиды и нуклеотиды, что обосновывает необходимость их селективного выделения и раздельной технологической переработки [1, 2, 4].

Сверхкритическая CO_2-экстракция представляется технологически и экологически обоснованным методом выделения липидов из указанных тканей: она обеспечивает мягкие температурные условия, отсутствие остаточных растворителей, высокую селективность по классам липидов и возможность масштабирования в промышленных условиях [4, 7–10]. Применение SC-CO_2-процесса в схеме комплексной переработки кальмара позволяет получать линейку высококачественных жировых продуктов и одновременно формировать обезжиренный высокобелковый остаток для дальнейшей биомодификации и использования в кормовой и пищевой промышленности, несмотря на его аминокислотную неполноценность [6, 11, 12].

Разработка частных технологий SC-CO_2-экстракции для печени и биологических придатков кальмара, включая режимы экстракции, схемы фракционирования липидов и пути использования обезжиренного остатка, является перспективным направлением, способствующим расширению ассортимента продуктов глубокой переработки гидробионтов и повышению эффективности использования сырьевой базы дальневосточного рыбохозяйственного комплекса [2, 3, 9–11].

Литература

1. *Боков Д.О., Макаренко М.А., Палеева М.А., Русинова М.Б., Бессонов В.В.* Жир кальмара – перспективный источник полиненасыщенных жирных кислот // Вопросы питания. – 2022. Т. 91, № 5. – С. 116–123.

2. *Благонравова М.В., Самохин А.В.* Комплексное использование отходов переработки кальмара // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамГТУ, 2021. – Ч. 2. – С. 63–66.

3. *Автономов А.Е.* Командорский кальмар *Berryteuthis magister* Берингова и Охотского морей: распределение, биология и промысел: Автореф. дис. … канд. биол. наук.– Владивосток, 2010. – 24 с.

4. Optimization of supercritical CO_2 extraction of fish oil from viscera of African catfish (Clarias gariepinus) / *M.Z.I. Sarker, J. Selamat, A.S.M.A. Habib, S. Ferdosh, M.J.H. Akanda, J.M. Jaffri* // Internation Journal of Molecular Sciences. – 2012. – Vol. 13, № 9. – P. 11312–11322.

5. *Давидович В.В., Позднякова Ю.М.* Исследование нуклеотидного состава гонад складчатых моллюсков и головоногих в комплексной переработке гидробионтов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 3. – С. 52–56.

6. *Баштовой А.Н.* Технология кормовых добавок на основе биомодификации отходов, полученных при разделке кальмара: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2019. – 24 с.

7. *Oliveira M.T., Pelucchi S., Grainca A. и др*. Valorization of soy sauce residue analyzing supercritical CO_2 extraction with economic and environmental perspectives // ACS Sustainable Resource Management. – 2026. (in press).

8. *Bichescu C.I., Mihalcea L., Raimondo R. et al*. Supercritical CO_2 fluid extraction and microencapsulation of oil from anchovy (*Engraulis mordax*) by-products // Food Technology and Biotechnology. – 2024. Vol. 62, № 3. – P. 302–313.

9. Enhancing and improving the extraction of omega-3 from fish oil / *R. Ciriminna, F. Meneguzzo, R. Delisi, M. Pagliaro* // Sustainable Chemistry and Pharmacy. – 2017. – Vol. 5. – P. 54–59.

10. *Баскакова Ю.А.* Обоснование и разработка технологии концентрата полиненасыщенных жирных кислот омега-3: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Москва, 2018. – 22 с.

11. *Кожемякина М.В.* Разработка технологии получения биологически активных добавок из гидробионтов и отходов их переработки: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2003. – 24 с.

12. *Запорожская С.П., Ларцева Л.В.* Жир осетра русского, выращенного в условиях рыбоводных хозяйств, – перспективный источник ω-3 и ω-6 ПНЖК // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 182–186.

УДК 664.955.2

А.А. Ефимов, Д.В. Колесников, А.Е. Румянцев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: danilkolesnikov14032004@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАБОТКИ ЛОСОСЕВОЙ ИКРЫ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИМ РАСТВОРОМ КАК ФАКТОР СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КАЧЕСТВА ПРОДУКТА

Важным показателем качества лососевой зернистой икры, влияющим на развитие потребительского спроса, является именно «зернистость» – целостность икринок и их разбористость. Снижение уровня проявления данного показателя качества влечет образование таких пороков продукции, как лопанец и отстой, обусловленных недостаточной прочностью оболочки икринок. В статье обоснована рациональность применения раствора, содержащего ионы \ce(Ca^(2+)), для повышения прочности оболочки икринок. Показано влияние обработки икры кальцийсодержащим раствором на степень проявления дефекта лопанца в процессе технологической обработки и при хранении готовой продукции.

Ключевые слова: икра лососевая, механическая прочность, лопанец, кальцийсодержащий раствор.

A.A. Efimov, D.V. Kolesnikov, A.E. Rumyantsev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: danilkolesnikov14032004@gmail.com

APPLICATION OF CALCIUM-CONTAINING SOLUTION TO PROCESS SALMON CAVIAR AS A FACTOR IN STABILIZING THE PRODUCT CONSUMER QUALITY

An important quality indicator of salmon grain caviar, which affects the development of consumer demand, is the “graininess” – the integrity of the eggs and their size. A decrease in the level of this quality indicator leads to the formation of such product defects as shelling and sedimentation, which are caused by the insufficient strength of the eggshell. The article substantiates the rationality of using a solution containing \ce(Ca^(2+)) ions to increase the strength of the egg shell. The article shows the effect of treating the caviar with a calcium-containing solution on the degree of shelling defect during technological processing and during storage of the finished product.

Key words: salmon caviar, mechanical strength, flake, calcium-containing solution.

Современные технологии производства лососевой зернистой икры требуют оптимизации процессов получения, обработки и хранения сырья для обеспечения безопасности, высокого качества и товарного вида продукции, а также для сокращения потерь и повышения экономической эффективности производства. Актуальность направленных на решение этих задач исследований определяется растущим спросом на деликатесные рыбные продукты, необходимостью внедрения ресурсосберегающих и стандартизированных технологических решений, а также совершенствованием методов контроля как потребительских характеристик, так и безопасности продуктов питания – неотъемлемой составляющей их качества.

Потребительская привлекательность готовой лососевой зернистой икры обусловлена не только вкусом, но и самым значимым показателем, на который в первую очередь ориентируются при выборе любого товара, – внешним видом продукта, в свою очередь во многом зависящим от прочностных свойств оболочки икринок. Прочность икринок напрямую связана со свойствами белков, входящих в состав оболочки, представленных в основном коллагеном. Кроме того, в составе икорной оболочки лососевых присутствует кальций около 3,6% [1], количественное содержание которого напрямую влияет на прочность оболочки.

Прочность икорного зерна может понижаться при значительном механическом воздействии в процессе пробивки ястыков, центрифугировании зерна после посола, в результате замораживания при заготовке ястычной икры и последующего размораживания, при нарушении режимов хранения готовой продукции и, соответственно, развитии автолитических и микробиологических процессов [2].

При недостаточной прочности икорной оболочки как в процессе технологической обработки, так и при последующем хранении готовой продукции нарушается целостность икринок, образуется дефект лопанец, в результате чего из разрушенных икринок выделяется желточная масса, образующая дефект отстой.

Исходя из описанной выше проблемной ситуации по обеспечению потребительского качества лососевой зернистой икры, целью выполненной на данном этапе работы являлось обоснование применения для обработки икры раствора, содержащего \ce(Ca^(2+)), как фактора, обусловливающего сохранение качества готовой продукции.

Выполненные на данном этапе теоретические и экспериментальные исследования были направлены на обоснование оправданности и полезности воздействия кальций-катионов на лососевую икру для повышения стабильности механических характеристик оболочек икринок как гарантии снижения степени проявления дефектов лопанца и отстоя.

Для проведения исследования из икры-сырца кижуча 4 стадии зрелости приготавливали две группы образцов: контрольную группу – образцы, не подвергавшиеся воздействию ионов кальция, и экспериментальную группу – образцы, обработанные в течение 10 мин перед посолом раствором, содержащим кальций-катионы, с водородным показателем 6,0.

Для оценки эффекта, полученного от применения кальций-обработки, определяли предел прочности икринок на анализаторе текстуры «Структурометр СТ-2» (рис. 1, *1*) путем измерения механической нагрузки на полусферической насадке-инденторе при ее внедрении с заданной скоростью в образец продукта (рис. 1, *2*) до момента прорыва оболочки икринки с выведением результатов на монитор (рис. 1, *3*). Также определяли долю лопанца в образцах икры контрольной и экспериментальной групп.

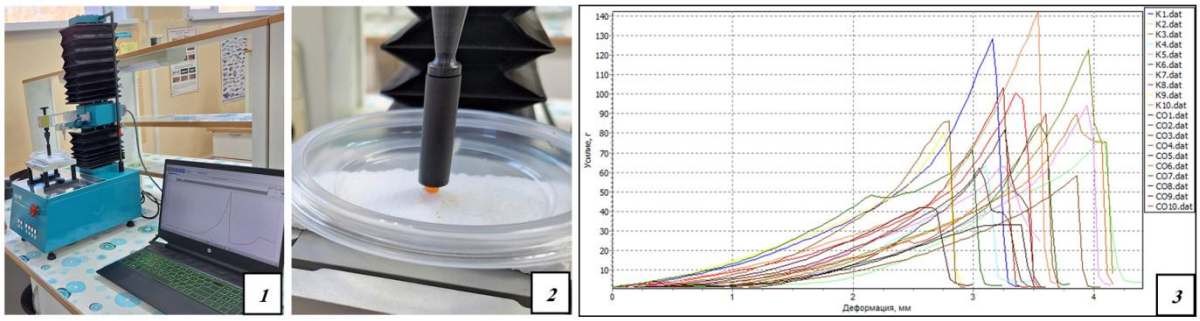


Рис. 1. Измерение прочности икринки на анализаторе текстуры «Структурометр СТ-2»

Определение степени проявления дефекта лопанца в подготовленных образцах икры контрольной и экспериментальной групп осуществляли прямым подсчетом пустых оболочек, образующихся в результате нарушения целостности икринок, в навеске образца (рис. 2) [3].

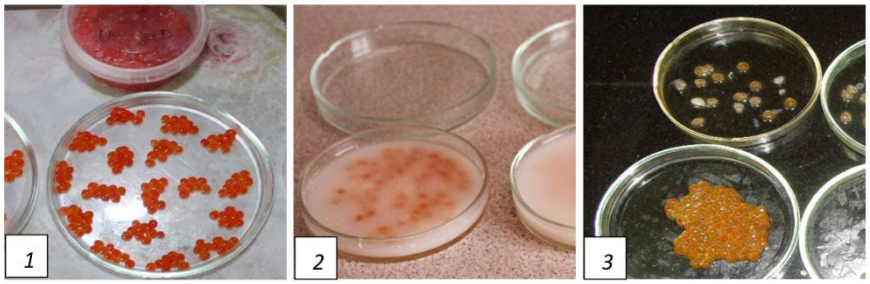


Рис. 2. Определение количества лопанца в образцах зернистой икры: 1 – навески икры в чашке Петри; 2 – промывание отвешенных проб икры водой; 3 – отделение лопанца от целых икринок

На основании ТИ № 80 «Инструкция по изготовлению лососевой зернистой икры» [4] и по результатам исследований, проведенных на предыдущем этапе работы [5], была составлена технологическая схема приготовления лососевой зернистой икры с применением кальцийсодержащих растворов (рис. 3) как фактора закрепления икорного зерна и снижения степени проявления таких пороков продукции, как лопанец и отстой.

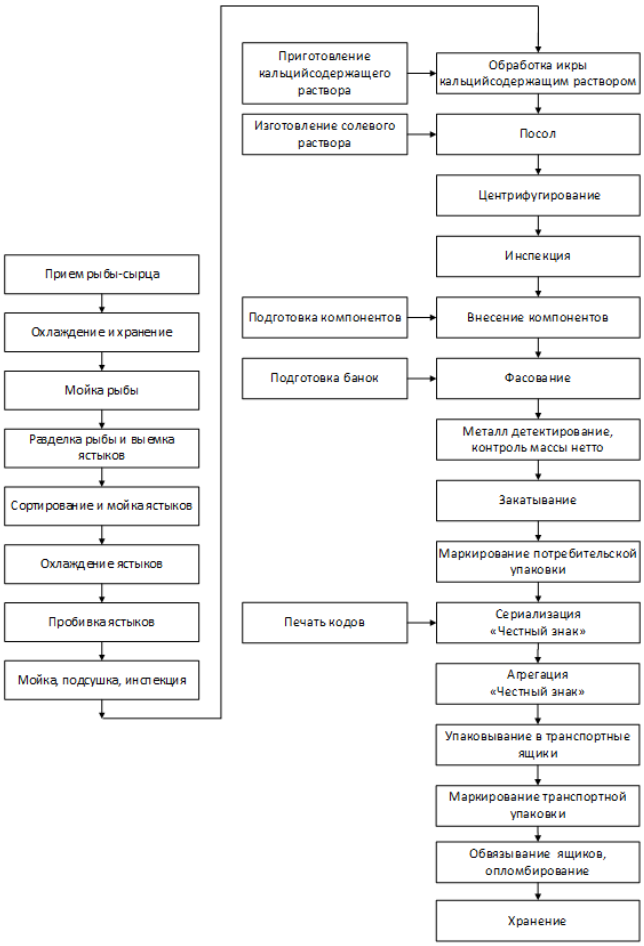


Рис. 3. Технологическая схема производства лососевой зернистой икры с применением кальцийсодержащих растворов

Обработку икры кальцийсодержащим раствором предложено производить после пробивки ястыков, мойки, подсушки и инспектирования зерна. Такая технологическая операция введена для уменьшения потерь икры при дальнейших операциях за счет повышения прочности оболочки икринок.

Данные проведенного на предыдущем этапе работы исследования показали возможность достижения максимального повышения прочности оболочки икринки при использовании для обработки икры раствора, содержащего кальций-катионы, с pH 6,0. Такое значение водородного показателя соответствует области изоэлектрической точки основного белка оболочки коллагена, – прочность оболочек образцов икры экспериментальной группы оказалась в среднем на 0,59 Н выше прочности икринок образцов контрольной группы (1,11 и 0,52 Н соответственно, рис. 4), не подвергавшихся воздействию ионов кальция [5]. В воде растворимость белков во многом обусловлена наличием на их поверхности гидрофильных групп полярных аминокислот, а, как показывают профили растворимости белков, при соответствующем изоэлектрической точке значении водородного показателя белковые вещества проявляют минимальную определяемую коэффициентом диссоциации белка КДБ степень растворимости. В этом состоянии белковые молекулы могут «слипаться» за счет наличия водородных и ионных связей, повышения гидрофобности, сил Ван-дер-Ваальса, способных «склеивать» неполярные аминокислотные остатки при их близком взаиморасположении [6].

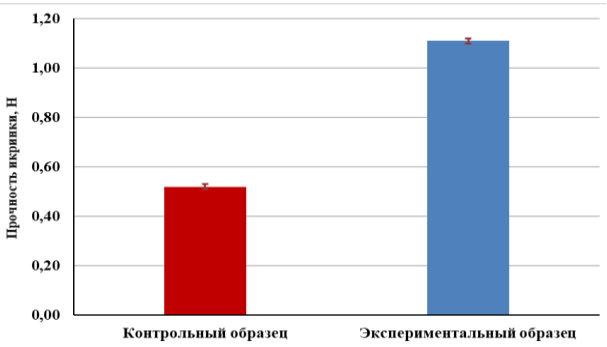


Рис. 4. Зависимость прочности икринки образцов контрольной и экспериментальной групп икры кижуча от наличия воздействия ионами кальция в составе раствора с pH 6,0

Соответственно, напротив, при значениях показателя кислотности среды, отличающихся от изоэлектрической точки, белковые молекулы будут иметь одинаковый заряд. Такое явление повлечет за собой возникновение между молекулами сил электростатического отталкивания, что будет противодействовать «слипанию» молекул белков. При этом, безусловно, показатель растворимости белков станет выше, а прочность оболочки икринки, в состав которой в основном входят белки, соответственно, понизится [5].

Для обработки образцов икры экспериментальной группы готовили базовый раствор кальциевого основания с водородным показателем 13,0. Из полученного базового раствора готовили производный раствор с кислотностью 6,0. Для достижения такого значения кислотности среды применяли лимонную кислоту, которая в результате нейтрализации гидроксида кальция способствовала образованию диссоциированного лимоннокислого кальция и воды.

Икру выдерживали в приготовленном растворе в течение 10 мин [5] в специальной емкости, после чего направляли на стекание влаги и на посол.

Долю пустых оболочек, образовавшихся в результате нарушения целостности икорного зерна, определяли в образцах икры контрольной и экспериментальной групп в фоновом режиме – сразу после завершения технологического процесса и на протяжении периода хранения в замороженном состоянии при температуре минус 18°С в течение 12 мес после размораживания проб (таблица, рис. 5).

Динамика накопления лопанца в образцах зернистой икры кижуча по завершении технологического процесса и при хранении в замороженном состоянии

Продолжительность хранения образцов икры	Количество лопанца, %	
	Образцы контрольной группы	Образцы экспериментальной группы
Фон	12,0 ± 0,1	1,8 ± 0,1
1 месяц	14,1 ± 0,1	2,2 ± 0,1
3 месяца	18,4 ± 0,1	4,9 ± 0,1
6 месяцев	22,0 ± 0,1	5,8 ± 0,2
9 месяцев	35,6 ± 0,2	7,2 ± 0,1
12 месяцев	57,7 ± 0,3	10,8 ± 0,2

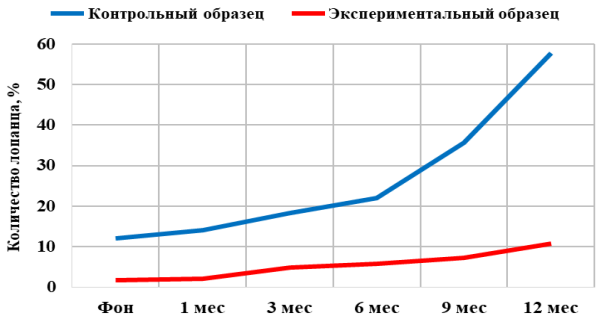


Рис. 5. Динамика накопления лопанца в образцах зернистой икры кижуча в зависимости от обработки икры кальцийсодержащим раствором при pH 6,0 и от продолжительности хранения

Как видно из таблицы и рис. 5, доля пустых оболочек в образцах икры экспериментальной группы оказалась в несколько раз меньше, чем в образцах зернистой икры кижуча контрольной группы, – в среднем в 6,7 раза (на 10,2%) для фонового показателя и в 5,3 раза (на 46,9%) по завершении 12 мес хранения в замороженном состоянии при температуре минус 18°С.

Результаты исследований, направленных на обоснование оправданности и целесообразности воздействия кальций-катионов на лососевую икру для повышения стабильности механических характеристик оболочек икринок как гарантии снижения степени проявления дефектов лопанца и отстоя, показали следующее. Обработка икорного зерна после пробивки слабокислым (pH 6,0) раствором с ионами кальция, позволила снизить содержание лопанца в икре в процессе дальнейших технологических операций, о чем говорят фоновые данные – содержание лопанца сразу по завершении технологического процесса в контрольных образцах составило ~12% в то время, как в экспериментальных образцах, подвергшихся обработке кальцийсодержащим раствором, этот показатель оказался на уровне 1,8%. При хранении в замороженном состоянии на протяжении 12 мес количество лопанца увеличивалось как в контрольных образцах икры, так и в экспериментальных. Тем не менее, по окончанию срока испытаний содержание лопанца в экспериментальных образцах составило ~10,8% против ~57,7% образцов контрольной группы. Органолептически это не отразилось негативно на внешнем виде продукта, что важно для обеспечения потребительского качества.

Полученные данные позволяют судить о возможности применения растворов, содержащих кальций-катионы, для обеспечения снижения динамики развития таких пороков зернистой икры, как лопанец и отстой, в условиях промышленного выпуска деликатесной продукции из икры лососевых.

Литература

1. Биохимические основания создания защитных мембран на примере икры рыб / *А.В. Строшкова, Н.А. Рачкова, Е.С. Вайнерман и др.* // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – Т. 4., № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-osnovaniya-sozdaniya-zaschitnyh (дата обращения: 16.02.2026).

2. *Колесников Д.В., Румянцев А.Е., Чугунков С.Ю.* Влияние обработки икры лососевой зернистой кальцийсодержащими растворами и этанолом на прочность икринки // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XV Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (19–20 марта 2024 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – С. 147–151.

3. *Румянцев А.Е., Ефимова М.В., Ефимов А.А.* Обоснование применения газообразного диоксида углерода как стабилизатора качества зерна соленой замороженной лососевой икры / Вестник Камчатского государственного технического университета. – Вып. 71. – 2025. – С. 33–45.

4. Инструкция по изготовлению лососевой зернистой икры / Сборник технологических инструкций по обработке рыбы. – Т. 2. – М.: Моркнига, 2023. – С. 396–407.

5. *Ефимов А.А., Колесников Д.В., Румянцев А.Е.* Зависимость механической прочности икорного зерна тихоокеанских лососевых рыб от концентрации кальцийсодержащих растворов, применяемых для закрепления икры / Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XVI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (18–19 марта 2025 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2025. – 143–147.

6. *Кольман Я., Рём К.-Г.* Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2004. – 469 с.

УДК 664.955

А.А. Ефимов, Р.С. Фурсов

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: efimoff-a@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЫБОРАСТИТЕЛЬНОЙ СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СОЛИ

В статье приведены результаты исследования, направленного на обоснование рецептуры рыборастительных чипсов и технологии, исключающей операцию обжаривания, обеспечивающей возможность приготовления продукции с пониженным содержанием хлорида натрия. Установлен рациональный режим сушки как основной технологической операции, сочетающей обработку полуфабриката при температурах 40 и 150°С, что обеспечивает снижение микробной обсемененности перед фасованием продукта в потребительскую упаковку. Определена рациональная дозировка фитокомпонентов в рецептурном составе чипсов. Показано, что добавление черемши и пырея способствует продлению срока годности продукта благодаря бактериостатическим и антиокислительным свойствам фитодобавок.

Ключевые слова: сушеная продукция, чипсы, фитокомпоненты, реологические показатели, сушка, показатели качества.

A.A. Efimov, R.S. Fursov

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: efimoff-a@mail.ru

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGY OF LOW-SALT DRIED FISH AND PLANT PRODUCTS

The article presents the results of a study aimed at substantiating the recipe for fish-and-vegetable chips and a technology that eliminates the frying step, allowing for the production of products with a reduced sodium chloride content. A rational drying regime has been established as the main technological step, combining the processing of the semi-finished product at temperatures of 40 and 150°C, which reduces microbial contamination before the product is packaged for consumption. The article also determines the rational dosage of phytocomponents in the recipe for the chips. It has been shown that the addition of wild garlic and wheatgrass helps to extend the shelf life of the product due to the bacteriostatic and antioxidant properties of the phytoadditives.

Key words: dried products, chips, phytocomponents, rheological indicators, drying, quality indicators.

Сушеная и вяленая рыбная продукция относится к категории снековой. Популярность такой продукции неуклонно растет, что связано с удобством употребления, приятными органолептическими свойствами и изменениями ритма жизни, побуждающими потребителей быстро питаться. Продукция с пониженным содержанием влаги является по сути концентратом питательных веществ, не требующим дополнительных действий для доведения продукта до кулинарной готовности. Кроме того, при содержании воды менее 33% рыбные продукты, защищенные от воздействия факторов внешней среды, характеризуются высокой хранимоспособностью, так как автолитические и микробиологические процессы порчи практически прекращаются [1].

Снеки можно употреблять как замену основного приема пищи, также они могут служить дополнением к гарниру, салатам или закуской к слабоалкогольным напиткам [2].

Особой популярностью пользуются сушеные изделия из рыбы и морепродуктов. Однако повышенное содержание хлористого натрия в них является исключительно отрицательным фактором с точки зрения здорового, функционального питания. В этой связи представляется перспективной разработка технологий продукции с пониженным содержанием соли [2].

Рынок снеков функциональной направленности действия на основе рыбного сырья представлен недостаточно. Как правило, продукты данной группы небезопасны для организма человека, как, например, чипсы высокотемпературной обжарки в растительном масле, сушеная рыбопродукция с высоким содержанием соли, преобладающая в торговой сети.

В связи с вышеизложенным, актуальным является расширение ассортимента снековой рыбной продукции с пониженным содержанием хлорида натрия, приготовленной без применения операции обжаривания в масле. Для увеличения полезного эффекта от употребления продукта актуально сочетать рыбное сырье с фитокомпонентами, что позволит получить продукцию с новыми вкусо-ароматическими характеристиками, ввести в состав продукции пищевые волокна, повысить содержание отдельных витаминов и минеральных элементов.

Целью проводимого исследования являлась разработка технологии рыбных чипсов с растительными добавками для расширения ассортимента снековой продукции для здорового питания.

Проводимые на данном этапе исследования были направлены на обоснование технологии рыбных чипсов из тихоокеанских лососевых рыб с растительными добавками.

Исследования проводили на базе научной лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

В качестве основного сырьевого объекта был выбран кижуч как представитель тихоокеанских лососей с ярко-красным цветом мышечной ткани, в качестве фитодобавок использовали зелень черемши и корень пырея.

Черемша (*Allium ursinum*) – богата аскорбиновой кислотой – до 0,73% в листьях и до 0,1% в луковицах, все части растения содержат около 2,4% белковых веществ, около 6,1% углеводов, в том числе фруктозу и пищевые волокна, минеральные элементы, органические кислоты, витамины, каротин, обладающие антимикробными свойствами фитонциды и лизоцим [3]. Народная медицина рекомендует употреблять черемшу для профилактики отложения холестерина на стенках кровеносных сосудов, для стимуляции сердечной деятельности, снижения артериального давления и нормализации обмена веществ.

Пырей ползучий (*Elytrígia repens*) в народной медицине применяют как противокашлевое, диуретическое, антианемическое, противоревматическое средство. В корнях пырея определено около 9,2% белковых веществ, 1,5% жирных масел, до 0,006% эфирных масел, около 3% фруктозы, 10% полисахарида тритицина, около 6 мг% каротина, обнаружены инулин, пектин и другие углеводы, сапонин, слизи, яблочная, кремниевая, аскорбиновая кислоты, инозит, микро- и макроэлементы»[4, 5].

Для приготовления фарша рыбу размораживали в часто сменяемой воде температурой не выше 15°С до температуры в толще мышечной ткани минус 1–0°С, разделывали на филе без кожи и измельчали в мясорубке с диаметром отверстий решетки 3 мм. Затем фарш подвергали тонкому измельчению в блендере до получения однородной массы, в которую вносили пищевую соль в количестве 1% от массы фарша и черный молотый перец в количестве 0,05%. Растительные ингредиенты подготавливали путем предварительного высушивания до содержания воды не выше 5% и измельчения в кофемолке до состояния тонкодисперсного порошка.

Характеристика приготовленных образцов фаршевых композиций приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика образцов фаршевых композиций для приготовления рыборастительных чипсов

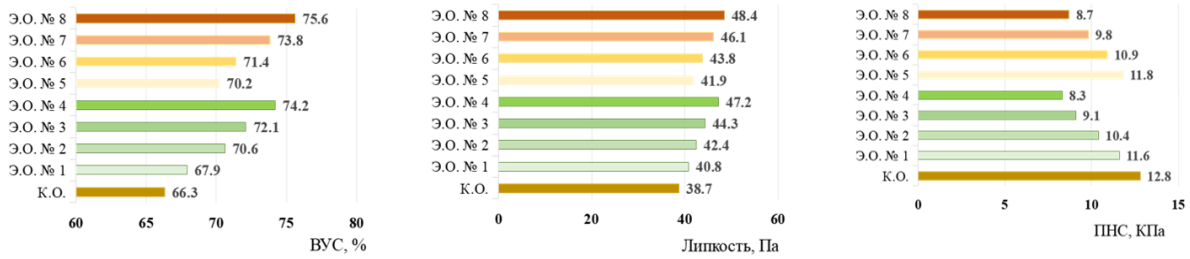
Наименование ингредиента	Количество, % от массы фаршевой смеси								
	Контрольный образец (К.О.)	Э.О. № 1	Э.О. № 2	Э.О. № 3	Э.О. № 4	Э.О. № 5	Э.О. № 6	Э.О. № 7	Э.О. № 8
Порошок из зелени черемши	–	1,5	3,0	4,5	6,0	–	–	–	–
Порошок из корня пырея	–	–	–	–	–	3,0	5,0	8,0	10,0

Органолептические показатели образцов готовой продукции оценивали определением внешнего вида, цвета, консистенции, вкуса и запаха.

Влияние растительных добавок в составе фаршевой смеси на ее реологические показатели определяли по влагоудерживающей способности (ВУС), липкости и предельному напряжению сдвига (ПНС).

Для расчета пищевой ценности готового продукта определяли общий химический состав чипсов (массовые доли воды, жира, белка, золы и косвенно углеводов). Сроки годности чипсов устанавливали по МУК 4.2.1847–04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [6].

Для приготовленных образцов фаршевых композиций (табл. 1) оценивали влияние внесенных растительных добавок на реологические показатели. Результаты исследований приведены на рисунке.



Изменение реологических показателей фаршевых смесей в зависимости от количества внесенных растительных добавок

Как видно из рисунка, с увеличением дозировки фитокомпонента наблюдалось повышение ВУС и липкости, снижение ПНС, что говорит об улучшении реологических показателей. Такие изменения реологических показателей способствовали упрочению структуры фаршевой смеси, что оказывало положительное влияние при формовании и позволяло сохранить целостность чипсов при их сушке и хранении.

Для установления рационального режима сушки чипсов из фаршевой смеси без фитодобавок формовали полуфабрикаты путем раскатывания массы на противне до толщины 2–3 мм и деления на порции прямоугольной формы и сушили при разных условиях. Так как в состав фаршевой смеси входит незначительное количество соли (1%), не оказывающее консервирующего действия, а рыбу не подвергали ни предварительному посолу с последующим созреванием, ни термической обработке, то фаршевый полуфабрикат решили подвергнуть высокотемпературной обработке для достижения кулинарной готовности и уничтожения патогенной микрофлоры. Сушку образцов производили до содержания воды в продукте 12%. Характеристика режимов процесса сушки образцов приведена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика режимов операции сушки образцов при приготовлении рыборастительных чипсов

Этап	Наименование параметра	Характеристика режима операции сушки												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	Температура выдержки, °С	–	100	150	180	–	–	–	100	150	180	–	–	–
	Продолжительность выдержки, мин	–	20	15	10	–	–	–	20	15	10	–	–	–
II	Температура сушки, °С	100	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Непрерывная (Н) / прерывистая (П)* конвекция при сушке	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	П	П	П	П	П
III	Температура выдержки, °С	–	–	–	–	100	150	180	–	–	–	100	150	180
	Продолжительность выдержки, мин	–	–	–	–	20	15	10	–	–	–	20	15	10

Примечание. При режимах с прерывистой конвекцией циркуляцию воздуха прерывали спустя час после начала и возобновляли через 20 мин; во время перерыва образцы выдерживали при комнатной температуре.

В ходе отработки режима сушки было выявлено, что при горячей сушке, а также при высокотемпературной обработке на I этапе происходило значительное выделение бульона из полуфабриката, что нежелательно, так как влечет потери питательных веществ и, соответственно,

снижение пищевой ценности. При этом с повышением температуры начального этапа наблюдалось увеличение потери бульона. При температуре сушки 40°С и высокотемпературной обработке на III этапе выделение бульона наблюдалось лишь на поверхности изделий в виде мелких капель в начале сушки, затем капли испарялись. Наилучшие показатели консистенции были отмечены у образцов, обработанных при режиме 12. В образцах, приготовленных с непрерывной циркуляцией воздуха, массовая доля воды достигала 12% спустя 4 часа, а в образцах, приготовленных с перерывами, – через 5 ч. За счет перерывов увеличивалась общая продолжительность процесса, что нецелесообразно.

Более высокие органолептические показатели были отмечены у образцов продукта, подвергшихся сушке при 40°С и высокотемпературной обработке на III этапе. Эти же образцы оказались более стойкими в хранении при температуре 3–4°С. У образцов, приготовленных при режимах 1–4 и 8–10, появление запаха и привкуса окислившегося жира наблюдали на 22–25-е сутки, признаки плесени появились на 34–35-е сутки. У образцов чипсов, приготовленных при режимах 5–7 и 11–13, аналогичные изменения происходили, соответственно, на 30–32-е и на 40–42-е сутки.

На основании результатов проведенных экспериментов рациональным выбран режим сушки при температуре 40°С с непрерывной циркуляцией воздуха с выдержкой на заключительном этапе при температуре 150°С в течение 15 мин. Все образцы чипсов сушили при обоснованном режиме.

Готовые чипсы охлаждали до температуры не выше 20°С, фасовали в полиэтиленовые пакеты по 50 г. Хранили в бытовом холодильнике при температуре (4 ± 1)°С и относительной влажности воздуха не выше 80%.

Приемлемость количества вносимых растительных добавок определяли по результатам органолептической оценки образцов чипсов. Наиболее высокие органолептические характеристики получили образец № 2 с добавлением 3% порошка из черемши и образец № 7 с добавлением 8% порошка из корня пырея. Рецептуры данных образцов были приняты в качестве рациональных.

Для расчета пищевой и энергетической ценности чипсов с растительными добавками исследовали их химический состав (табл. 3).

Таблица 3

Пищевая и энергетическая ценность образцов рыборастительных чипсов на 100 г продукта

Наименование образца	Содержание, г			Энергетическая ценность, ккал
	белков	жиров	углеводов	
Контрольный образец	61,8	18,2	1,2	416
Экспериментальный образец Э.О. № 2 с добавлением 3% порошка из зелени черемши	59,2	16,1	5,7	405
Экспериментальный образец Э.О. № 7 с добавлением 8% порошка из корня пырея	56,1	14,3	11,3	398

При употреблении 100 г рыборастительных чипсов степень удовлетворения суточной потребности в белковых веществах составила от 70,1% для образца с пыреем до 74,0% для образца с черемшой, в липидах от 17,9 до 20,1% соответственно, в углеводах от 1,4% для образца с черемшой до 2,8% для образца с пыреем, в энергии – в среднем 14,1%.

Для установления срока годности образцов чипсов в процессе холодильного хранения при температуре (4 ± 1)°С исследования проводили спустя 15 сут, а затем каждые 5 сут. Все образцы имели приятные вкус и запах, плотную консистенцию, сухую поверхность спустя 15 сут хранения. На 20-е сут у контрольного образца появился запах и привкус окислившегося жира, а через 35 сут эти изменения значительно усилились. При этом образцы с растительными добавками сохраняли органолептические показатели в норме. Через 40 сут хранения у контрольного образца был отмечен выраженный неприятный запах, обнаружены участки с белым налетом плесени. У образцов с растительными добавками через 40 сут появился запах и привкус окислившегося жира.

По результатам исследования физико-химических показателей было установлено, что содержание азота летучих оснований (АЛО) у экспериментальных образцов находилось в допустимых пределах – не более 35 мг% [7] – на протяжении всего срока испытания в то время, как

у контрольного образца через 40 сут было выявлено превышение данного показателя. Перекисное и кислотное числа жира у контрольного образца также несколько превысили допустимые значения (кислотное число не выше 4 мг КОН на 1 г жира, перекисное число не выше 0,06% J_2 на 1 г жира [8, 9]) спустя 40 сут хранения в то время как у образцов с растительными добавками данные показатели оставались в допустимых пределах, что, вероятно, объясняется антиокислительными свойствами фитокомпонентов.

Микробиологические показатели образцов рыборастительных чипсов также оставались в допустимых пределах на протяжении контрольного периода испытаний в течение 50 сут с учетом коэффициента резерва 1,3 [6].

Результаты органолептических, физико-химических и микробиологических испытаний позволили установить срок годности чипсов без растительных добавок 20 сут, рыборастительных чипсов – 30 сут при хранении в пакетах из пленочных материалов при температуре (4 ± 1)°С.

Таким образом, в результате проведенных исследований, направленных на обоснование технологии рыборастительной сушеной продукции с пониженным содержанием соли, был установлен рациональный режим сушки при приготовлении чипсов из кижуча с добавлением черемши и пырея, позволяющий обеспечить стабильность качества продукции с пониженным содержанием соли – 2,1%.

Растительные добавки черемши и пырея способствовали улучшению реологических показателей фаршевой смеси – повышению ВУС и липкости, снижению ПНС, что обеспечивало хорошую формуемость полуфабриката и позволило сохранить целостность изделий при сушке и хранении.

На основании определения рациональной дозировки растительных добавок в рецептурном составе чипсов и установления режима основной технологической операции – сушки (температура 40°С с непрерывной циркуляцией воздуха и выдержкой на заключительном этапе при температуре 150°С в течение 15 мин) – разработана технология рыборастительных чипсов, для которых рассчитана пищевая и энергетическая ценность и установлен срок годности для упакованной в полиэтиленовые пакеты продукции – 30 сут в процессе хранения при температуре хранения (4 ± 1)°С.

Литература

1. *Богданов В.Д., Дацун В.М., Ефимова М.В.* Общие принципы переработки сырья и введение в технологии производства продуктов питания. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007. – 213 с.

2. *Потапова В.А.* Разработка технологии функциональных рыборастительных снеков с использованием биопотенциала вторичного рыбного сырья и топинамбура: Helianthus Tuberosus: Дис. … канд. техн. наук. – Калининград, 2017. – 209 с.

3. Черемша [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Черемша (дата обращения: 15.02.2026).

4. Пырей ползучий [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Пырей_ползучий#CITEREFМедведев, Сметанникова1981 (дата обращения: 30.02.2026).

5. Пырей ползучий полезный сорняк [Электронный ресурс]. – URL: https://proza.ru/2022/08/29/1543 (дата обращения: 30.02.2026).

6. МУК 4.2.1847–04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

7. ТР ЕАЭС 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции. Технический регламент Евразийского экономического союза. – 77 с.

8. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / Под ред. Р. Стеле. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.

9. *Килкаст Д., Субраманиами П.* Стабильность и срок годности. Мясо и рыбопродукты. – СПб.: Профессия, 2012. – 420 с.

УДК 664.956

А.А. Ефимов, Р.К. Ясинская

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: efimoff-a@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКЦИИ ИЗ ИКРЫ МИНТАЯ И КАМБАЛЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ФИТОКОМПОНЕНТОВ

В статье приведено обоснование технологии деликатесной продукции, сочетающей икру минтая и икру камбал, с добавлением растительных компонентов. Преимущества технологии заключаются в применении натуральных добавок рябины, брусники, укропа и черемши, обладающих антиокислительными и бактериостатическими свойствами, что позволило снизить соленость готового продукта, исключить применение антисептика натрия бензойнокислого, расширить ассортимент выпускаемой продукции с привлекательным внешним видом и новыми оригинальными вкусо-ароматическими свойствами, обогатить продукт тиамином.

Ключевые слова: икра минтая, икра камбалы, фитокомпоненты, деликатесный продукт, показатели качества.

A.A. Efimov, R.K. Yasinskaya

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: efimoff-a@mail.ru

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING POLLOCK AND FLOUNDER CAVIAR WITH THE ADDITION OF PHYTOCOMPONENTS

The article provides a rationale for the technology of gourmet products that combine pollock and flounder caviar with the addition of plant components. The advantages of this technology include the use of natural additives such as mountain ash, lingonberries, dill, and wild garlic, which have anti-oxidant and bacteriostatic properties. This has led to a reduction in the salt content of the finished product, the elimination of the use of sodium benzoate as an antiseptic, and the expansion of the product range with attractive appearance and new original flavors and aromas. Additionally, the product is enriched with thiamine.

Key words: pollock caviar, flounder caviar, phytocomponents, delicatessen product, quality indicators.

Стабильно наблюдается недостаток доступных икорных продуктов с полностью натуральным составом. Большая часть продукции данной ассортиментной группы содержит усилители вкуса, красители, консерванты. Современный же потребитель ищет более полезные натуральные варианты, ниша которых пока слабо заполнена.

В качестве достойной альтернативы можно рассматривать икорную продукцию с фитонутриентами, сочетающими в себе как вкусовые и цветовые, так и консервирующие свойства, что способно обеспечить получение заданных характеристик продукта.

Икра рыб является богатейшим источником нутриентов, обеспечивающим полноценное формирование организма мальков и, соответственно, концентрирующим в себе важный потенциал пищевых веществ для человека.

Исходя из концепции здорового питания, главной проблемой в производстве икры является снижение содержания соли и антисептиков. На Камчатке много растительного сырья, которое обладает антиокислительными и антибактериальными свойствами. Следовательно, разработка технологии икры с растительными добавками, не снижающими качество и безопасность готовой продукции, оказывающими консервирующее действие, является актуальной с позиций расширения ассортимента пищевой продукции здорового питания.

Целью исследования, реализуемого на данном этапе, являлась разработка технологии икорных продуктов с добавлением фитонутриентов с растениями, массово произрастающими на Камчатке и доступными для сбора и заготовки.

Проводимые на данном этапе исследования были направлены на обоснование технологии соленой деликатесной продукции из икры минтая и икры камбал типа ассорти с добавлением растительных компонентов.

Экспериментальная часть работы была выполнена на базе научных лабораторий кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

В качестве основного сырьевого объекта была выбрана икра минтая и камбал. Такой выбор обусловлен тем, что минтай составляет основную долю уловов в Тихоокеанском бассейне, а камбаловые в достаточном количестве добывают при вылове донных рыб. Икру минтая в основном выпускают пробойную соленую. Икру камбалы в основном употребляют в пищу в сушеном и вяленом виде при высокой солености, и как сырье для приготовления пробойной продукции она явно недооценена.

Общий сравнительный химический состав икры минтая и икры камбал тихоокеанского бассейна приведен в табл. 1 [1].

Таблица 1

Общий химический состав икры минтая и икры камбал

Вещества	Содержание в икре		Вещества	Содержание в икре	
	минтая	камбал		минтая	камбал
Белки, %	28,2–28,4	~18,0	*Витамины:*	*мг на 100 г*	*мг на 100 г*
Липиды, %	1,9–3,5	~5,0	B_1	0,67	0,09
Минеральные вещества, %	~6,4	~1,3	B_2	0,22	0,40
Макроэлементы:	*мг на 100 г*	*мг на 100 г*	холин	65,0	247,50
калий	285	190	B_5	1,30	1,10
кальций	30–45	46	B_6	0,30	0,16
магний	85	30	B_9	0,02	0,05
фосфор	230–290	306	B_{12}	0,01	0,06
натрий	150–250	160	C	2,30	12,00
Микроэлементы:	*мг на 100 г*	*мг на 100 г*	A	0,04	0,09
йод	0,08–0,12	0,014	E	1,60	2,68
железо	0,30–0,70	0,59	β-каротин	0,01	0,01–0,02
марганец	0,06–0,07	0,22	ниацин	0,70	0,96
цинк	1,12	2,10	–	–	–

Как видно из табл. 1, по содержанию белковых веществ икру минтая можно отнести к высокобелковой, а икру камбал – к белковой, по массовой доле липидов и икра минтая, и икра камбал является маложирной. В икре достаточно много калия, фосфора, натрия, холина, ниацина. Близость общего химического состава икры минтая и камбал по основным нутриентам позволяет прогнозировать возможность применения общепринятых антисептических веществ для соленой пробойной икры типа «ассорти».

В качестве источника фитонутриентов вводили в рецептурный состав продукции черемшу, укроп пахучий, ягоды рябины бузинолистной и брусники обыкновенной. Все перечисленные растительные компоненты обладают выраженными вкусо-ароматическими характеристиками, яркой окраской, обусловленной входящими в состав пигментами – хлорофиллом, каротиноидами, антоцианами. В состав органических соединений ягод помимо белков и липидов входят яблочная, винная, лимонная и многие другие кислоты, дубильные вещества, балластные полисахариды, моносахариды – альдозы и кетозы, сорбит, эфирные масла. Ягоды брусники и рябины также содержат, соответственно, бензойную и сорбиновую кислоты, обладающие бактериостатическими свойствами. Укроп и черемша богаты эфирными маслами, содержат лизоцим – фермент антибактериальной направленности действия за счет гидролиза муреина клеточных стенок бактерий, фитонциды, обеспечивающие естественный иммунитет этих растений и создающие противовоспалительный эффект в организме человека благодаря своим бактерицидным свойствам. Растения богаты аскорбиновой кислотой – мощным антиоксидантом, витаминами группы В, минеральными соединениями [2, 3].

Для приготовления образцов продукции ягоды заготавливали в начале осени, а черемшу и укроп в начале лета 2025 года, – замораживали и хранили в бытовой морозильной камере в полиэтиленовых пакетах.

Для приготовления образцов продукции пробитую икру минтая и икру камбал смешивали в соотношении 1 : 1. Контрольные образцы продукции К1 и К2, соответственно, без антисептика бензоата натрия и с антисептиком приготавливали с массовой долей хлористого натрия (4 ± 0,2)%, руководствуясь технологической инструкцией ТИ 82 [4], в соответствии с требованиями ГОСТ 20352–2012 «Икра рыб соленая деликатесная. Технические условия» [5].

Для приготовления экспериментальных образцов в готовую икру деликатесную без добавления антисептика вносили измельченные растительные компоненты (рис. 1). Растительное сырье предварительно измельчали в блендере, не размораживая. Икру фасовали в полимерные банки вместимостью до 50 г. Добавки вносили после посола, тщательно перемешивая. Хранили образцы при температуре минус 6°С. Характеристика образцов продукта в зависимости от количества вносимой растительной добавки приведена в табл. 2.



Рис. 1. Образцы икры с растительными добавками:
а – образцы с добавкой 1% от массы икры; б – образцы с добавкой 3% от массы икры;
в – образцы с добавкой 5% от массы икры; г – образцы с добавкой 7% от массы икры

Таблица 2

Характеристика экспериментальных образцов икры в зависимости от количества вносимой, % от массы икры, растительной добавки

Обозначение образца	Количество добавки	Обозначение образца	Количество добавки	Обозначение образца	Количество добавки	Обозначение образца	Количество добавки
Брусника		Рябина		Укроп		Черемша	
Б1	1	Р1	1	У1	1	Ч1	1
Б2	3	Р2	3	У2	3	Ч2	3
Б3	5	Р3	5	У3	5	Ч3	5
Б4	7	Р4	7	У4	7	Ч4	7

Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели образцов продукции определяли стандартными методами [6, 7].

Витамины определяли по методике М 04-72-2011 с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель» [8].

Основным критерием при обосновании рецептуры икры соленой деликатесной типа ассорти с фитодобавками являлась ее органолептическая оценка. Приемлемость дозы вносимой добавки определяли по внешнему виду, вкусу, запаху, консистенции. Профилограммы качества образцов продукции представлены на рис. 2 (более высокому качеству соответствует более высокий балл).

Как видно из рис. 2, наиболее высокие органолептические показатели были определены у образцов икры с добавлением брусники 3% (Б2), рябины 3% ($Р_2$), укропа 5% (У3) и черемши 1% (Ч1). По результатам органолептической оценки эти образцы были выбраны для дальнейших исследований как наиболее приемлемые.

В выбранных образцах икры массовая доля белка составила от 27,4% для образца с укропом до 27,8% для образца с черемшой, содержание липидов от 1,7 до 1,8% соответственно. Содержание витаминов $В_1$, $В_2$ и РР в образцах приведено в табл. 3.

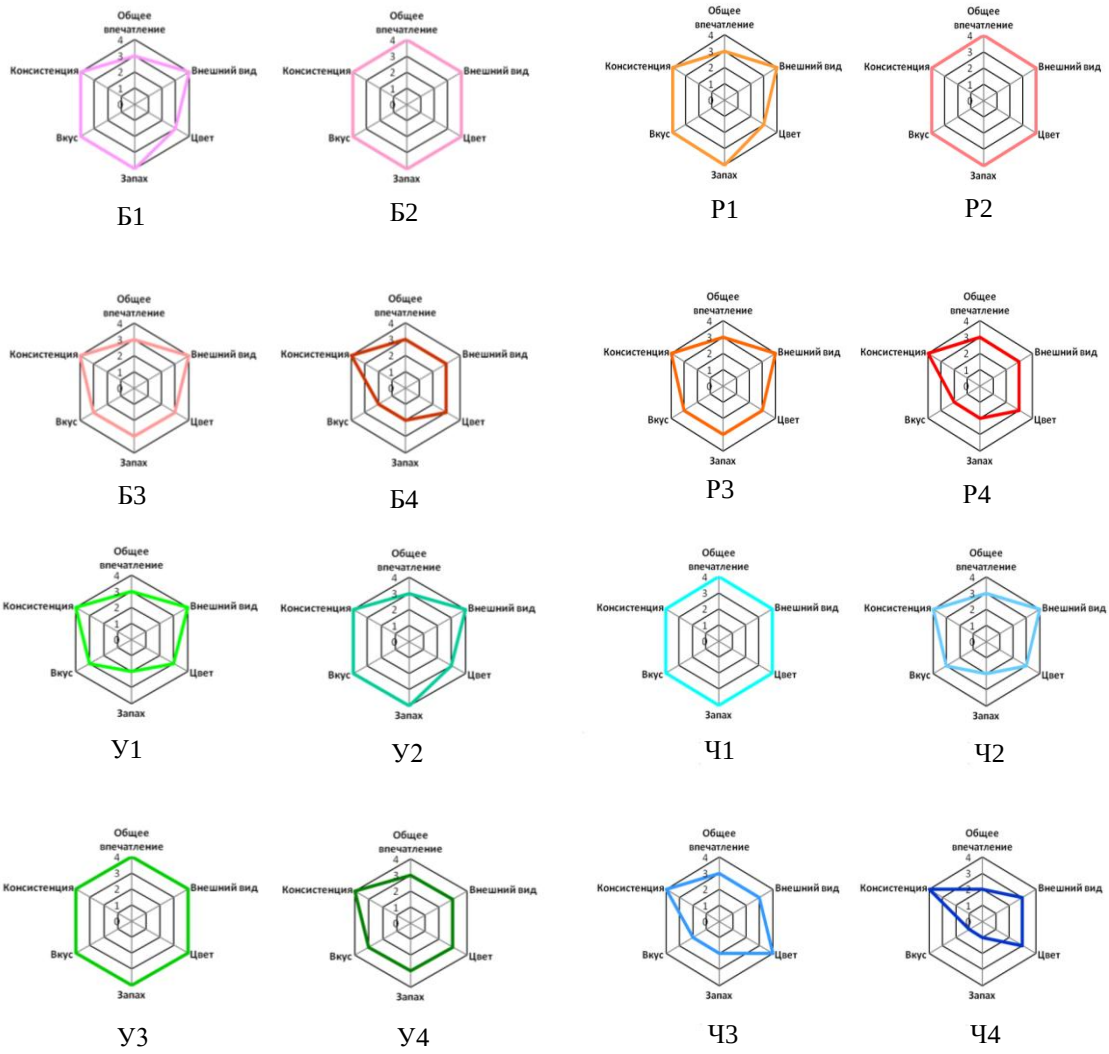


Рис. 2. Профилограммы качества образцов икры деликатесной типа ассорти с фитодобавками

Таблица 3

Содержание витаминов в образцах икры деликатесной типа ассорти с фитодобавками, мг / 100 г икры

Обозначение образца	Витамин		
	B_1 (тиамин)	B_2 (рибофлавин)	РР (никотиновая кислота)
Контрольный образец [1]	0,38	0,31	0,83
Б2	0,72	0,28	0,82
Р2	0,76	0,25	0,80
У3	0,84	0,31	0,73
Ч1	0,77	0,30	0,76

Как видно из табл. 3, содержание витамина B_1 в образцах икры с растительными добавками увеличилось более чем в два раза по сравнению с контрольным образцом, содержание витаминов B_2 и РР осталось на том же уровне. Содержание витамина B_1 составило от 12% в образце с брусникой до 14% в образце с укропом, что отвечает одному из основных принципов обогащения – содержанию в суточной порции продукта (в среднем 25 г) 10–15% физиологической среднесуточной нормы потребления витаминов. Это позволяет говорить об обогащении образцов продукта тиамином.

Для исследования изменения качества образцов икры в процессе хранения определяли накопление азота летучих оснований (АЛО) как показателя распада белков. Так как рекомендуемый срок годности для икры минтая соленой деликатесной 1,5 мес при температуре минус 2 – минус 6°С [4], исследования проводили в течение 2 мес хранения при температуре минус 6°С. Для

оценки динамики гидролитической и окислительной порчи определяли изменение кислотного и перекисного чисел жира икры. Динамика изменения этих показателей в образцах икры в процессе хранения представлена на рис. 3.

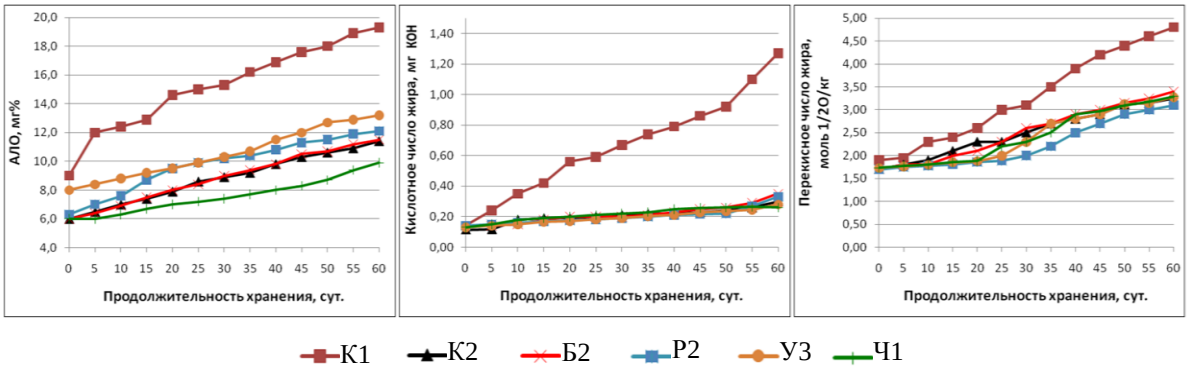


Рис. 3. Динамика изменения показателей гидролитической и окислительной порчи образцов икры при хранении

Как видно из рис. 3, в контрольном образце К1 без консерванта распад белков с увеличением количества АЛО проходил интенсивнее, чем в контрольном образце К2 с консервантом и в образцах с фитодобавками. Менее интенсивно накопление АЛО протекало в образце Ч1 с черемшой.

В контрольном образце К1 без консерванта гидролиз липидов с увеличением количества свободных жирных кислот проходил интенсивнее, чем в контрольном образце К2 с консервантом и в образцах с добавлением растительных компонентов. Менее интенсивно гидролиз липидов протекал в образце с добавлением черемши. В образце К1 окисление липидов проходило интенсивнее, чем в образце К2 и в образцах с фитодобавками. Менее интенсивно окисление липидов протекало в образце Р2 с рябиной, что, вероятно, объясняется высоким содержанием в рябине аскорбиновой и сорбиновой кислот, проявляющих антиокислительные свойства.

Таким образом, в результате комплекса проведенных теоретических, органолептических и физико-химических исследований была обоснована технология икры деликатесной типа ассорти – смесь икры минтая с икрой камбал – с растительными добавками, обусловливающими специфические оригинальные органолептические характеристики продукции – цвет, вкус и аромат. Установлено, что образцы икры с растительными добавками проявили более высокую хранимоспособность по сравнению с образцами икры, приготовленными без добавления консерванта, и сравнимую с хранимоспособностью контрольного образца с консервантом бензоатом натрия в соответствии с требованиями стандарта.

Литература

1. *Кизеветтер И.В.* Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. – Владивосток: Дальиздат, 1971. – 298 с.
2. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М.: ГУГК, 1980. – 340 с.
3. *Пилат Т.Л., Иванов А.А.* Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). – М.: Аввалон, 2002. – 710 с.
4. Инструкция по изготовлению икры соленой «Деликатесная» // Сборник технологических инструкций по обработке рыбы / Под ред. А.Н. Белогурова и М.С. Васильевой. Т. 2. – М.: КолосС, 2003. – С. 404–412.
5. ГОСТ 20352–2012. Икра рыб соленая деликатесная. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 13 с.
6. ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
7. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2010. – 125 с.
8. *Комарова Н.В., Каменцев Я.С.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». – СПб.: ООО «Веда», 2006. – 212 с.

УДК 664.951

М.В. Ефимова, В.А. Журавлёв

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

В статье приведены результаты исследования, направленного на разработку технологии вяленой соломки из минтая с растительными добавками, обладающими ярко выраженными вкусо-ароматическими характеристиками благодаря содержащимся в них специфическим химическим соединениям. Установлена рациональная дозировка добавок – чеснока 3%, черемши 5% и укропа 7%. Показано участие фитокомпонентов в формировании консистентностных свойств соленого полуфабриката. Представлены результаты исследования по установлению режима вяления, обеспечивающего достижение приемлемой консистенции продукта.

Ключевые слова: соломка из минтая, фитокомпоненты, буферность, органолептические показатели, режим вяления.

M.V. Efimova, V.A. Zhuravlev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FISH PRODUCTS WITH INCREASED NUTRITIONAL VALUE AND PLANT ADDITIVES

The article presents the results of a study aimed at developing a technology for drying pollock straws with plant additives that have pronounced flavor and aroma characteristics due to their specific chemical compounds. The study determined the optimal dosage of additives, including 3% garlic, 5% wild garlic, and 7% dill. The article also demonstrates the role of phytocomponents in shaping the consistency of the salted semi-finished product. The study also presents the results of a study aimed at determining the optimal drying regime to achieve an acceptable product consistency.

Key words: pollock straw, phytocomponents, buffering capacity, organoleptic characteristics, drying mode.

Современный потребитель нацелен на правильный образ жизни и здоровое питание, что ставит перед технологической наукой задачу расширения ассортимента продукции за счет создания продуктов повышенной пищевой ценности, обогащенных ценными нутриентами, функционального воздействия на организм человека. В этой связи перспективно рассматривать рыбное сырье как пока недоиспользованный источник полноценного по аминокислотному составу белка с максимальной степенью усвоения, источник незаменимых жирных кислот, водо- и жирорастворимых витаминов, минеральных веществ.

Повысить пищевую ценность продукции можно, например, понизив массовую долю воды в ней и добавив ингредиенты, содержащие биологически и физиологически ценные соединения. Вяленую рыбу с этой точки зрения стоит воспринимать как один из лучших продуктов, сочетающих в себе повышенную пищевую ценность, приятные органолептические характеристики и, несомненно, полезные свойства, обусловленные исключительностью биохимического состава.

В процессе вяления рыба обезвоживается и созревает, приобретает особый аромат и вкус вследствие комплекса биохимических процессов. Вяление рыбы производят не только для обеспечения ее более длительного хранения, но и, в значительной степени, с целью получения продукта с определенными органолептическими свойствами [1, 2]. Главным отличием процесса вя-

ления от сушки является созревание рыбы – медленный автолиз – мышечные протеазы частично расщепляют белки, размягчая мышечную ткань, липиды приобретают дисперсность и распределяются между мышечными волокнами, в результате чего рыба приобретает «янтарность».

Для Камчатки актуальна популяризация минтая в составе рациона, так как, являясь уникальным по совокупности свойств сырьевым объектом, минтай уже не одно десятилетие остается недооцененным российскими потребителями ресурсом [3]. В настоящее время из минтая, разделанного на спинку, предприятия выпускают продукцию холодного копчения, сушеную и вяленую, сушено-вяленую и вяленую с перцем.

Наилучшим сырьем для приготовления вяленой продукции является рыба с достаточно высоким содержанием жира в мышечной ткани, что необходимо для созревания и приобретения присущих продукту органолептических свойств [1]. Содержание липидов в мышечной ткани до 2% определяет принадлежность минтая к маложирным и относит его к несозревающим рыбам. В связи с этим актуально применение добавок, позволяющих активизировать процесс созревания и получить продукцию с высокими сенсорными характеристиками.

Для интенсификации созревания рыбы помимо ферментных препаратов нередко применяют пищевые кислоты и регуляторы кислотности, способные активизировать катепсины мышечной ткани путем повышения кислотности до pH 5,5–5,0 [4]. Предполагается, что использование растительных компонентов благодаря содержанию в них органических кислот будет способствовать размягчению мышечной ткани минтая и интенсификации процесса созревания. Фитодобавки также позволят получить продукцию с новыми вкусо-ароматическими свойствами.

Целью проводимого исследования являлась разработка технологии вяленой продукции – соломки из минтая с растительными добавками, способствующими приданию продукту оригинальных органолептических характеристик.

Проводимые исследования были направлены на обоснование технологии вяленой соломки из минтая с растительными добавками, способствующими формированию оригинального вкусо-ароматического букета.

В качестве основного сырьевого объекта был выбран минтай как самый распространенный среди рыб тихоокеанского бассейна промысловый вид. Значение коэффициента пищевой насыщенности 0,21 определяет минтай как низконасыщенный сырьевой объект [5]. Однако в процессе вяления за счет частичного обезвоживания увеличится содержание белковых веществ и липидов в продукции, благодаря чему значительно повысится ее пищевая ценность.

В качестве фитодобавок использовали черемшу, укроп и чеснок. Эти растения характеризуются уникальным химическим составом – богаты витаминами, в том числе аскорбиновой кислотой, минеральными элементами, органическими кислотами, пищевыми волокнами, эфирными маслами и фитонцидами, проявляющими бактериостатическое и бактерицидное действие. Широко применяются в народной медицине, в частности для нормализации метаболизма, как противовоспалительное средство и др. [6, 7].

Для приготовления образцов продукции рыбу размораживали до температуры в толще не выше минус 1°С, разделывали на филе без кожи, промывали. После стекания воды филе солили в растворе пищевой соли плотностью 1,20 г/см^3 температурой 10°С в соотношении 1 : 1 до достижения массовой доли хлорида натрия в полуфабрикате 2%. Соленое филе нарезали на полоски длиной до 8–10 см шириной 1 см, полоски перемешивали с одной из растительных добавок и выдерживали в течение суток в полимерных контейнерах при температуре 4–6°С для созревания и выравнивания солености. Растительное сырье – свежие чеснок, укроп, мороженую черемшу – предварительно измельчали в блендере.

Затем полоски филе раскладывали в один ряд на сетки таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом. Искусственное вяление осуществляли в инфракрасной сушилке «Икар» при разных режимах до достижения содержания воды в образцах не выше 45%. Массовая доля соли в образцах после вяления составляла 6,2–6,6%.

Полученную вяленую соломку охлаждали до температуры в толще не выше 18°С, фасовали по 50 г в пленочные пакеты с отверстиями диаметром 3 мм по периметру. Хранили образцы продукции на стеллаже в сухом вентилируемом помещении при температуре 18°С.

Характеристика приготовленных образцов продукции в зависимости от количества вносимой растительной добавки приведена в табл. 1.

Таблица 1

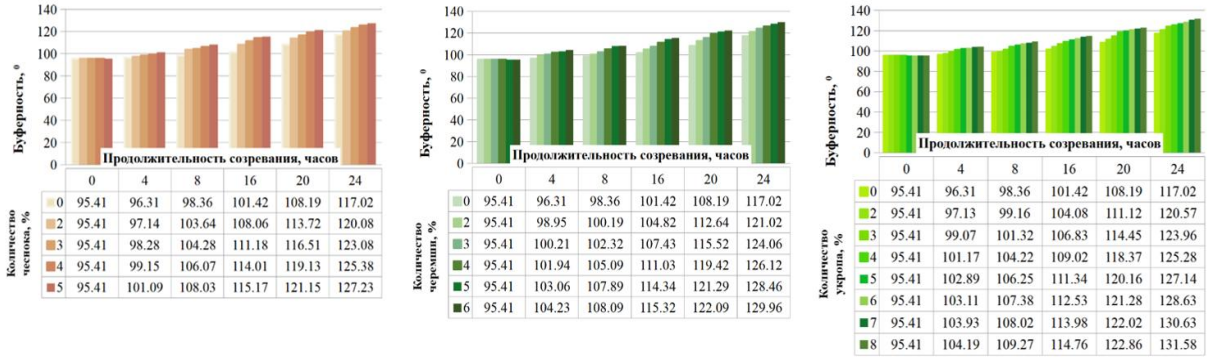
Характеристика образцов вяленой соломки из минтая в зависимости от дозировки растительной добавки

Наименование ингредиента	Количество растительной добавки, % от массы соленого филе							
	Контрольный образец	Экспериментальные образцы продукции						
Чеснок	0	2	3	4	5	–	–	–
Черемша	0	2	3	4	5	6	–	–
Укроп	0	2	3	4	5	6	7	8

Для оценки влияния растительных добавок на процесс созревания соленого филе устанавливали значение буферности [8]. Для расчета пищевой ценности продукции определяли содержание белка, жира, золы, воды [9]. Содержание углеводов рассчитывали косвенно.

Сроки годности продукции устанавливали по совокупности результатов органолептических, физико-химических и микробиологических анализов [10].

Влияние растительных добавок на процесс созревания соленого полуфабриката из филе минтая оценивали по величине буферности, результаты чего представлены на рис. 1.



Количество чеснока, %	0	4	8	16	20	24
0	95.41	96.31	98.36	101.42	108.19	117.02
2	95.41	97.14	103.64	108.06	113.72	120.08
3	95.41	98.28	104.28	111.18	116.51	123.08
4	95.41	99.15	106.07	114.01	119.13	125.38
5	95.41	101.09	108.03	115.17	121.15	127.23

Количество черемши, %	0	4	8	16	20	24
0	95.41	96.31	98.36	101.42	108.19	117.02
2	95.41	98.95	100.19	104.82	112.64	121.02
3	95.41	100.21	102.32	107.43	115.52	124.06
4	95.41	101.94	105.09	111.03	119.42	126.12
5	95.41	103.06	107.89	114.34	121.29	128.46
6	95.41	104.23	108.09	115.32	122.09	129.96

Количество укропа, %	0	4	8	16	20	24
0	95.41	96.31	98.36	101.42	108.19	117.02
2	95.41	97.13	99.16	104.08	111.12	120.57
3	95.41	99.07	101.32	106.83	114.45	123.96
4	95.41	101.17	104.22	109.02	118.37	125.28
5	95.41	102.89	106.25	111.34	120.16	127.14
6	95.41	103.11	107.38	112.53	121.28	128.63
7	95.41	103.93	108.02	113.98	122.02	130.63
8	95.41	104.19	109.27	114.76	122.86	131.58

Рис. 1. Изменение буферности соленого филе минтая в процессе созревания в зависимости от количества внесенных растительных добавок и от продолжительности процесса

Как упоминалось выше, минтай относят к несозревающим рыбам, и, как видно из рис. 1, спустя 24 часа выдерживания с растительными добавками при температуре 4–6°С буферность контрольного образца составила 117,02°, а, как известно, буферность созревшей рыбы колеблется от 120 до 200°. Растительные добавки явно способствовали интенсификации созревания, о чем свидетельствовали показатели буферности экспериментальных образцов, причем буферность коррелировала с дозировкой фитодобавок.

Влияние растительных добавок на органолептические показатели образцов приведены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, наиболее привлекательными по внешнему виду оказались образцы с добавлением чеснока 3%, черемши от 3 до 5%, укропа от 5 до 8%. У экспериментальных образцов ощущался аромат добавок, степень выраженности которого прямо зависела от их дозировки. У образцов с дозировкой чеснока 3 и 4% и черемши 6% аромат добавок определялся как довольно резкий. По вкусу экспериментальные образцы характеризовались выраженным гармоничным привкусом, однако образцы с добавлением 4 и 5% чеснока имели сильный чесночный привкус и оставляли неприятное послевкусие. Консистенция экспериментальных образцов соломки оказалась менее плотной, продукт отличался более легкой разжевываемостью по сравнению с контрольным образцом. Таким образом, по результатам органолептической оценки в качестве рациональных были отмечены образцы вяленой соломки из минтая с дозировкой чеснока 3%, черемши 5%, укропа 7%.

Для установления рационального режима вяления соломки из минтая процесс проводили при разных температурах, в том числе при постоянной температуре, а также с поэтапным ее повышением. Соленый полуфабрикат раскладывали на сетки и вялили до достижения массовой доли воды не более 45% при режимах, приведенных в табл. 2.

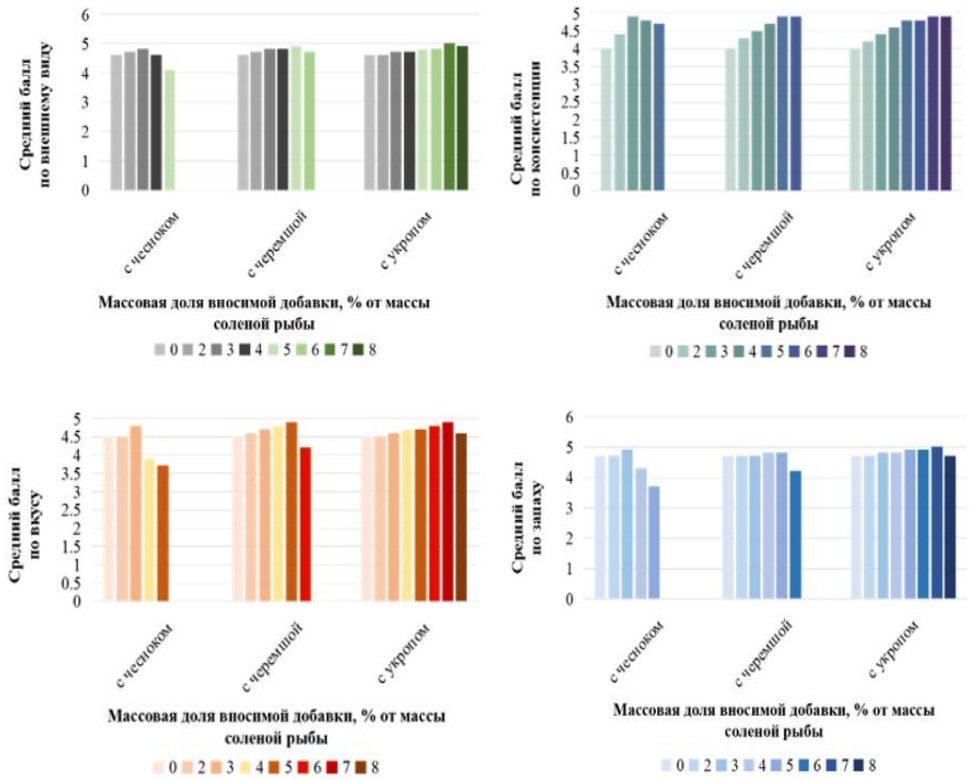


Рис. 2. Влияние количества фитодобавок на органолептические показатели вяленой соломки из минтая

Таблица 2

Характеристика режимов вяления образцов при приготовлении вяленой соломки из минтая

Номер эксперимента (режима)	Условия проведения процесса вяления		Продолжительность, ч
Эксперимент № 1	28°С		13
Эксперимент № 2	30°С		10
Эксперимент № 3	32°С		8
–	I этап	II этап	–
Эксперимент № 4	Температура 22°С, продолжительность 2 ч	28°С	15
Эксперимент № 5		30°С	12
Эксперимент № 6		32°С	10

Зависимость интенсивности снижения содержания воды в соломке от режима вяления представлена на рис. 3.

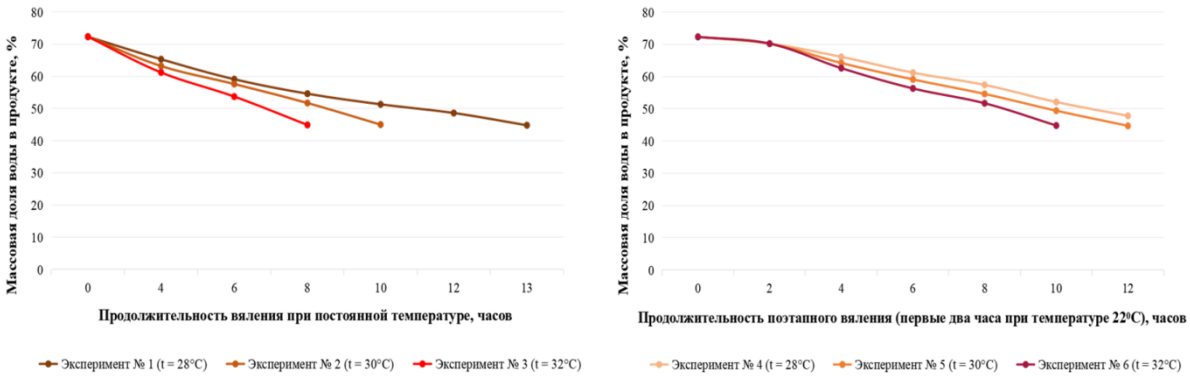


Рис. 3. Влияние режима вяления соломки из минтая на интенсивность снижения массовой доли воды в ней

Как видно из рис. 3, применение режима вяления при постоянной температуре позволило через более короткое время достичь заданного содержания воды в продукте ≈ 45%, причем достичь тем быстрее, чем выше температура протекания процесса (эксперимент 3).

Однако вяление при постоянной температуре повлекло подсыхание поверхностных слоев мышечной ткани, причем данный дефект проявлялся более выраженно с повышением температуры. Качество соломки оказалось выше при поэтапном проведении процесса. При температуре вяления 32°С на II этапе (эксперимент 6) консистенция соломки оказалась более плотной, чем при температурах 28 и 30°С (эксперименты 4 и 5), однако при 28°С достижение заданной влажности продукта протекало дольше. В связи с этим в качестве рационального был выбран режим вяления общей продолжительностью 12 ч с температурой на II этапе 30°С (эксперимент 5).

Результаты физико-химического анализа, показали, что экспериментальные образцы вяленой соломки из минтая содержали 43,4–45,0% белка, обеспечивающего удовлетворение 56,6% суточной потребности в нем при употреблении 100 г продукта, 1,8–2,1% жиров и от 3,6 до 5,3% углеводов. Энергетическая ценность 100 г соломки в среднем составила 212 ккал.

По совокупности результатов органолептических, физико-химических (накопление азота летучих оснований) и микробиологических (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, количество плесеней, дрожжей, бактерий группы кишечных палочек) исследований, проводимых с учетом коэффициента резерва 1,15 [10] на протяжении 90 сут при хранении образцов в пленочных пакетах с перфорацией при температуре 18°С установили срок годности вяленой соломки из минтая без растительных добавок 65 сут, соломки с растительными добавками 78 сут, что говорит «в пользу» применения фитоингредиентов.

Таким образом, в результате проведенных исследований, направленных на обоснование технологии вяленой соломки из минтая с растительными добавками, способствующими формированию оригинального вкусо-ароматического букета, в том числе в результате биохимических процессов, интенсифицируемых содержащимися в них органическими кислотами и провоцируемых растительными ферментами, были определены дозировки чеснока, черемши и укропа, установлен рациональный режим вяления, обеспечивающий достижение приемлемой консистенции готового продукта, – при температуре 22°С в течение 2 ч и при температуре 30°С в течение следующих 10 ч. Растительные добавки не только принимали участие в формировании вкуса и аромата продукта, но также, как показали результаты исследования, позволили увеличить срок годности на 13-е сутки по сравнению с образцом соломки без фитоингредиентов.

Литература

1. Технология комплексной переработки гидробионтов / Под ред. Т.М. Сафроновой. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2004. – 365 с.

2. Технология рыбы и рыбных продуктов / Под ред. А.М. Ершова. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 944 с.

3. Минтай тихоокеанский – перспективный сырьевой объект рыбной отрасли / *М.В. Ефимова, А.А. Ефимов, В.М. Мустафаева, Б.А. Чмыхалов* // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2022. – Вып. 62. – С. 18–35.

4. Применение пищевых добавок в технологии рыбной продукции. – URL: https://studizba.com/lectures/selskoe-hozjajstvo-i-pischevaja.html (дата обращения: 07.09.2025).

5. Биотехнология рационального использования гидробионтов / *О.Я. Мезенова, Т.М. Сафронова, Н.Т. Сергеева и др.* – СПб.: Лань, 2013. – 416 с.

6. Лекарственные и пищевые растения Дальнего Востока / Сост. В.Ю. Минхайдаров. – Уссурийск: ФГБОУ ВО «Приморская ГСХА», 2019. – 366 с.

7. *Барнаулов О.Д.* Введение в фитотерапию. – СПб.: Лань, 1999. – 160 с.

8. *Николаенко О.А., Шокина Ю.В., Волченко В.И.* Методы исследования рыбы и рыбных продуктов: Учебное пособие. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 176 с.

9. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2010. – 124 с.

10. МУК 4.2.1847–04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

УДК 664.951: 597.552.51

М.В. Ефимова, С.Н. Иванов

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОКОМПОНЕНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ФИТОНЦИДЫ И ЭФИРНЫЕ МАСЛА, В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕСЕРВОВ ИЗ ЛОСОСЕВЫХ

В настоящее время обозначена задача расширения ассортимента, повышения сохраняемости пищевых продуктов без применения искусственных консервантов и вкусо-ароматических добавок, что напрямую связано с эволюцией потребительского спроса. В технологии соленой рыбной продукции, в том числе пресервов, четко прослеживается тенденция к снижению содержания соли, что неизбежно влечет необходимость изыскания иных консервирующих факторов. В статье приведено обоснование применения в технологии пресервов из лососевых укропа и чеснока как фитокомпонентов, содержащих фитонциды и эфирные масла. Показано, что применение укропа и чеснока в качестве рецептурного компонента масляных заливок способствовало стабилизации органолептических, физико-химических и микробиологических показателей образцов пресервов на протяжении установленного срока годности.

Ключевые слова: пресервы, лососевые, фитокомпоненты, фитонциды, эфирные масла, показатели качества, срок годности.

M.V. Efimova, S.N. Ivanov

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

JUSTIFICATION OF THE USE OF PHYTOCOMPONENTS CONTAINING PHYTONCIDS AND ESSENTIAL OILS IN THE TECHNOLOGY OF SALMON PRESERVES

Currently, there is a need to expand the range of products and improve the shelf life of food products without the use of artificial preservatives and flavoring agents, which is directly related to the evolution of consumer demand. In the technology of salted fish products, including preserves, there is a clear trend towards reducing the salt content, which inevitably leads to the need to find alternative preserving factors. This article provides a rationale for using dill and garlic as phytocomponents containing phytoncides and essential oils in the technology of salmon preserves. It has been shown that the use of dill and garlic as a component of oil-based sauces contributed to the stabilization of the organoleptic, physical-chemical, and microbiological characteristics of the preserved samples during the established shelf life.

Key words: preserves, salmon, phytocomponents, phytoncides, essential oils, quality indicators, expiration date.

Одним из перспективных направлений развития производства рыбопродукции комбинированного способа консервирования является создание технологий пресервов с пониженным содержанием пищевой соли и расширение их ассортиментного диапазона за счет внесения различных добавок.

При изготовлении продукции с пониженным солесодержанием из лососевых в качестве сырья, как правило, используют предварительно замороженную рыбу для обеспечения исключения возможности возникновения условий, благоприятных для жизнедеятельности паразитических организмов, как вызывающих снижение уровня показателя внешнего вида рыбы (паразитических ракообразных), изменение структурно-механических свойств мышечной ткани (паразитических простейших), так и опасных для человека. Замораживание также является рациональным способом стабилизации качества сырья до дальнейшей обработки за счет инактивации ферментов тканей самой рыбы и микроорганизмов.

В связи с изложенным выше, актуальной является разработка технологии пресервов из лососевых, сочетающей применение криоанабиоза и внесение добавок, содержащих вкусо-ароматические, бактериостатические и бактерицидные компоненты.

Особое внимание в современных пищевых технологиях уделяют подбору растительных ингредиентов как наиболее перспективных источников ценных нутриентов и природных консервантов – антиокислителей, антисептиков, фитонцидов [1–3]. Применение таких добавок в качестве рецептурного ингредиента рыбных продуктов обусловливает осуществимость улучшения потребительских органолептических характеристик продукции, расширяет область возможностей повышения биологической и пищевой ценности. Кроме того, биохимические соединения с антимикробными, фунгицидными и антиокислительными свойствами, имеющиеся в составе фитодобавок, способствуют стабилизации качества готовой продукции и увеличению сроков ее годности. Фитодобавки широко применяются в составе копченой рыбопродукции, консервов, кулинарии как рецептурный компонент твердой части, в составе соусов и заливок при производстве рыбных пресервов, в частности, из сельди (брусника, укроп, чеснок), а также в качестве антисептика или антиокислителя [4].

Так, и летучие и неэкскреторные фитонциды способны проявлять антибактериальное, противовирусное, фунгицидное действие. Например, некоторые растения, в состав которых входят эфирные масла как летучие фитонциды, способны ингибировать рост листерий, возбудителя кишечного иерсиниоза, золотистого стафилококка, кишечной палочки, синегнойной палочки, плесеней и дрожжей. Наиболее явной антибактериальной активностью в отношении споровых микроорганизмов обладают эфирные масла чеснока, чабреца, корицы [5].

Таким образом, использование фитокомпонентов, содержащих неэкскреторные фитонциды и эфирные масла, в рецептурном составе пресервов из лососевых позволит не только привнести новые привлекательные «ноты» в их внешний вид, вкус и аромат, увеличить биологическую ценность, но и регулировать качество продукта. В то же время применение в технологии пресервов из лососевых растительных добавок, содержащих фитонциды и эфирные масла, – один из вариантов решения задачи расширения ассортимента деликатесной рыбной продукции.

На основании изложенного выше, цель проводимых исследований заключалась в обосновании применения фитокомпонентов, содержащих фитонциды и эфирные масла, в технологии пресервов из лососевых для расширения ассортимента и повышения хранимоспособности продукции.

Проводимая исследовательская работа направлена на обоснование технологии пресервов из тихоокеанской нерки с применением растительных добавок, содержащих летучие и неэкскреторные фитонциды.

Выбор нерки как основного сырья обусловлен массовостью и ценностью нерки среди тихоокеанских лососей, красивым ярко-красным цветом ее мышечной ткани, что гарантирует привлекательный товарный вид готовой деликатесной продукции.

Качественные характеристики нерки-сырца оценивали на соответствие требованиям ТУ 9246-011-33620410–03 «Рыбы лососевые дальневосточные-сырец» [6]. В качестве барьерного фактора, содержащего фитонциды и эфирные масла, обладающие бактерицидным и бактериостатическим действием, нами предложено применение чеснока и укропа. Для приготовления заливок использовали предварительно очищенный свежий чеснок [7] и свежий укроп [8].

Во всех частях укропа содержатся флавоноиды и эфирные масла [9], придающее специфический запах. Благодаря особенностям биохимического состава укропа его потребление способствует активации отделения пищеварительных секретов, способствует нормализации метаболизма. Фитонциды укропа, широко применяемого, например, при засолке овощей, предохраняют продукт от плесени [10]. В состав чеснока входят антиоксиданты, антикоагулянты, фитонциды, фитостерин, инулин, пентозаны и другие вещества. Фитонциды чеснока обладают сильным антибиотическим свойством [5].

Отбор проб, органолептическую оценку и определение физических показателей образцов осуществляли согласно ГОСТ 31339–2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» [11]. Определение органолептических и физических показателей проводили по ГОСТ 7631–2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей» [12].

Физико-химические показатели образцов пресервов, а также сырья и соленого полуфабриката определяли стандартными методами по ГОСТ 7636–85 «Рыба, морские млекопитающие, мор-

ские беспозвоночные и продукты их переработки» [13] и ГОСТ 19182–2014 «Пресервы из рыбы. Методы определения буферности» [14]. Предельное напряжение сдвига (ПНС) мышечной ткани измеряли на структурометре СТ-2.

Выживаемость гельминтов оценивали в соответствии с Инструкцией 4.2.10-21-25–2006 «Паразитологический контроль качества рыбы и рыбной продукции» [15], Методикой паразитологического инспектирования морской рыбы и рыбной продукции [16] и ГОСТ Р 54378–2011 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов» [17].

Микробиологические показатели продукции определяли в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [18, 19]. В ходе исследований определяли показатели КМАФАнМ в соответствии с ГОСТ 10444.15–94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» [20].

Определение срока годности проводили в соответствии с МУК 4.2.1847–04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [21].

В качестве сырья для приготовления пресервов использовали филе нерки низкотемпературного посола с массовой долей хлорида натрия 4,5–4,6%, приготовленное сухим способом путем пересыпания солью в количестве 5% от массы филе [22]. При хранении образцов в замороженном состоянии при температуре минус 18°С в течение 30 сут буферность как показатель степени созревания находилась в пределах 54–56°. Значение предельного напряжения сдвига мышечной ткани образцов сразу после размораживания составило 138–140 кПа.

Для достижения состояния биохимического созревания полуфабриката размораживание проводили при температуре минус 2°С [22] в течение 4 сут. Созревшая нерка характеризовалась приятным вкусом и запахом, нежной эластичной консистенцией.

Результаты исследования солено-мороженого филе нерки на наличие жизнеспособных личинок гельминтов показали, что личинки гельминтов, выделенные из цист мороженого филе нерки и солено-мороженого филе нерки жизнеспособности не проявляли.

В готовых пресервах при хранении нередко наблюдается развитие окислительной порчи липидов мышечной ткани рыбы, в то же время в пресервы из лососевых, как правило, не вносят консерванты. Соответственно, целесообразно использовать заливки, компоненты которых обладают антиокислительным, бактериостатическим и бактерицидным действием для повышения хранимоспособности продукции.

В качестве основы для приготовления заливок было выбрано рафинированное дезодорированное растительное масло. На основании проведенных органолептических исследований установлено рациональное соотношение чеснока или укропа и растительного масла для приготовления заливок – 100 г на 1 л масла. При более высокой концентрации растительных компонентов был отмечен резкий аромат и вкус этих добавок, при более низкой концентрации не наблюдали выраженного вкусо-ароматического «букета».

Для приготовления заливки использовали свежий чеснок и свежий укроп. В предварительно прогретое в течение 30 мин при температуре 120°С и охлажденное до 100°С масло добавляли тонко измельченные чеснок или укроп, перемешивали и дополнительно прогревали в течение 10 мин при постоянном перемешивании. Охлаждали до комнатной температуры.

В соответствии с ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», нормирующим содержание в пресервах рыбы не менее 65%, закладка рыбы (филе-ломтики) в учетную банку была принята 245 г и заливки (масло с чесноком или масло с укропом) 105 г. В качестве контрольного образца приготавливали пресервы в масле без добавления фитокомпонентов.

На основании проведенных исследований было установлено, что все образцы пресервов обладали приятным вкусом и ароматом, свойственными данному виду продукции с гармоничным привкусом и ароматом использованных для приготовления заливки чеснока и укропа.

Для установления сроков годности образцов пресервов, приготовленных по разработанным рецептурам, оценивали динамику изменения комплекса показателей продукта в процессе хранения при температуре минус 6 – минус 8°С.

Согласно ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», для пресервов из разделанной рыбы с добавлением расти-

тельных масел, заливок, соусов допустимое значение КМАФАнМ составляет не более 2×10^5 КОЕ/г. В соответствии с МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», коэффициент резерва составляет 1,15. Предполагаемый срок годности пресервов – 3 мес. Испытания проводили в течение 108 сут.

Было установлено, что при хранении образцов пресервов в течение всего периода исследования динамика изменения комплекса физико-химических показателей не была интенсивной, что не привело к негативному отражению на органолептических характеристиках продукта. Так, массовая доля азота летучих оснований как показателя гидролитического распада белковых веществ изменялась от 0,019 до 0,025 мг/100 г для образцов с чесночной заливкой, от 0,019 до 0,037 мг/100 г для образцов с укропной заливкой и от 0,018 до 0,053 мг/100 г для контрольного образца. Значение перекисного числа жира как показателя окислительной порчи изменялось от 6–8 до 9–13 ммоль/кг $^1/_2$О для исследуемых экспериментальных образцов и от 7 до 32 ммоль/кг $^1/_2$О для контрольного образца.

Как упоминалось выше, за время хранения не наблюдали ухудшение внешнего вида ломтиков филе и заливки, не снижались показатели вкуса, аромата и консистенции. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) для исследованных образцов пресервов на протяжении контрольного периода хранения при фиксированной температуре оставалось в пределах допустимого с большим запасом – $5{,}8 \times 10^3$ и $6{,}6 \times 10^3$ для образцов, соответственно, с чесночной заливкой и с укропной заливкой и $1{,}2 \times 10^4$ для контрольного образца. Поэтому был принят рекомендуемый срок годности пресервов не более 3 мес при температуре хранения минус 6 – минус 8°С по аналогии с подобными видами продукции.

Исследование возможности применения фитокомпонентов, содержащих фитонциды и эфирные масла, – чеснока и укропа в технологии пресервов из тихоокеанской нерки позволили заключить следующее.

Применение чеснока и укропа как компонентов масляной заливки в пресервы позволило получить образцы продукции с новыми органолептическими свойствами, включающими приятный внешний вид, специфический вкус и аромат добавок. В течение установленного срока годности 3 мес при температуре хранения минус 6 – минус 8°С продукция сохраняла как высокие органолептические, так и стабильные физико-химические и микробиологические показатели. Из данных физико-химических и микробиологических испытаний видно, что экспериментальные образцы пресервов характеризовались более высокой стабильностью в процессе хранения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о целесообразности расширения ассортимента пресервов из тихоокеанских лососевых рыб за счет введения в масляную заливку чеснока и укропа как рецептурных компонентов, содержащих фитонциды и эфирные масла.

Литература

1. *Кузнецова А.А.* Разработка технологии кулинарной продукции из рыбного и молочного сырья с использованием биомодифицированной соевой окары: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2012. – 24 с.

2. *Прокопец Ж.Г.* Обоснование и разработка технологии продуктов из гидробионтов с регулируемой пищевой ценностью: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2002. – 27 с.

3. *Скрипко О.В.* Научно-практические основы технологий продуктов питания поликомпонентного состава с использованием сои: Автореф. дис. … д-ра техн. наук. – Владивосток, 2009. – 47 с.

4. Барьерная технология гидробионтов: Учебное пособие / *Г.Н. Ким, Т.М. Сафронова, О.Я. Мезенова, С.Н. Максимова, И.Н. Ким*; под ред. Т.М. Сафроновой. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 336 с.

5. *Ливинская С.А., Козлова А.Е.* Сверхкритический экстракт чеснока // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2004. – № 1. – С. 58–59.

6. ТУ 9246-011-33620410-03. Рыбы лососевые дальневосточные (сырец). – М.: Стандартинформ, 2003. – 11 с.

7. ГОСТ Р 55909-2013. Чеснок свежий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.

8. ГОСТ 32856-2014. Укроп свежий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

9. *Цвелев Н.Н.* Семейство зонтичные (Apiaceae, или Umbelliferae) // Жизнь растений / Под ред. А.Л. Тахтаджяна. – М.: Просвещение, 1981. – Т. 5. – Ч. 2. – С. 308.

10. *Похлебкин В.В.* Пряности, специи, приправы. – М.: ЭКСМО, 2011. – 256 с.

11. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2010. – 15 с.

12. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

13. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2010. – 88 с.

14. ГОСТ 19182 Пресервы рыбные. Методы определения буферности. – М.: ИПК Стандартов, 2003. – 32 с.

15. Инструкция 4.2.10-21-25–2006. Паразитологический контроль качества рыбы и рыбной продукции. – Минск, 2006. – URL: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31467309 (Дата обращения 12.11. 2025).

16. Методика паразитологического инспектирования морской рыбы и рыбной продукции (морская рыба-сырец, рыба охлажденная и мороженая): Утв. Министерством рыбного хозяйства СССР 29 декабря 1988 года. – 40 с.

17. ГОСТ Р 54378-2011. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

18. ТР ЕАЭС 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции. Технический регламент Евразийского экономического союза. – 77 с.

19. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза. – 242 с.

20. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М: Стандартинформ, 2010. – 8 с.

21. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

22. *Богданов В.Д., Благонравова М.В., Салтанова Н.С.* Современные технологии производства соленой продукции из сельди тихоокеанской и лососевых: Монография. – Петропавловск-Камчатский: ХК «Новая книга», 2007. – 235 с.

УДК 664.95:630*28

М.В. Ефимова, П.К. Троян

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

ФОРМОВАННЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ ИЗ ГОРБУШИ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ КАМЧАТСКИХ ДИКОРОСОВ

Пищевая индустрия все больше приходит в непосредственное соприкосновение с интересами потребителей, в связи с чем прогрессивной тенденцией является дальнейшее развитие производства полуфабрикатов, кулинарных изделий. Рост выработки продуктов на основе измельченной мышечной ткани рыб во многом обусловлен применимостью для приготовления фаршей рыбы с заметными механическими повреждениями, что позволяет рационально использовать рыбное сырье. В статье приведено обоснование использования дикоросов в рецептурной композиции формованных полуфабрикатов из горбуши, что способствует созданию продукции с высокой пищевой ценностью, позволяет применять в качестве основного сырья рыбу, мышечная ткань которой характеризуется пониженными органолептическими и физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: полуфабрикат, дикоросы, горбуша, рецептура, начинка, показатели качества, срок годности.

M.V. Efimova, P.K. Troyan

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: efimova-ff@mail.ru

MOLDED SEMI-FINISHED PRODUCTS MADE FROM PINK SALMON WITH FILLINGS FROM KAMCHATKA WILD PLANTS

The food industry is increasingly coming into direct contact with consumer interests, and as a result, the production of semi-finished and cooked products is becoming a progressive trend. The increase in the production of products based on minced fish muscle tissue is largely due to the fact that fish with visible mechanical damage can be used to make minced meat, which allows for the efficient use of fish raw materials. The article provides a rationale for using wild plants in the formulation of molded semi-finished products made from pink salmon, which helps to create products with high nutritional value and allows the use of fish with reduced organoleptic and physical-mechanical properties as the main raw material.

Key words: semi-finished product, wild berries, pink salmon, recipe, filling, quality indicators, expiration date.

Задача рациональной переработки гидробионтов с целью формирования расширенного ассортимента пищевой продукции не теряет своей актуальности. Внедрение новых технологий, сочетание разных видов сырья позволяют формировать ассортимент, удовлетворяющий возрастающий потребительский спрос.

Разделка рыбы в домашних условиях и приготовление из нее различных блюд – довольно трудоемкий процесс, из-за чего потребители часто отдают предпочтение рыбным полуфабрикатам либо готовым к употреблению изделиям. Из рыбных полуфабрикатов популярностью у потребителей пользуются филе и фарш как удобное сырье для приготовления продуктов заданной формы и размеров с различными добавками [1].

Многие ученые ведут исследования в области разработки формованных изделий на основе рыбного фарша, комбинируя фарш с овощами и другими растительными добавками. При этом конечные продукты характеризуются сбалансированным соотношением нутриентов. Это, например, продукты функционального действия с включением овощного и злакового компонентов

в состав смеси на основе рыбного фарша [2], полуфабрикаты, в состав которых добавлена текстурированная мука бобовых и зерновых культур [3], а также полуфабрикаты с добавлением переработанных ягод облепихи, высокоолеинового подсолнечного масла, тритикале, овощных компонентов [4]. Обоснована технология фаршевых полуфабрикатов с добавлением переработанного жома фруктов, ягод и овощей [5]. Предложены технологии полуфабрикатов и готовых блюд для диабетического питания [6] и формованных рыборастительных продуктов для включения в рацион детей [7, 8]. Актуален поиск решений, направленных на создание новых и совершенствование уже применяемых технологий поликомпонентных формованных продуктов на основе рыбного фарша и фаршевых композиций с рыбной составляющей, решений, базирующихся на принципах комплементарного сочетания пищевых ингредиентов и экономии ресурсов.

Поиск методов рационального использования растительного сырья, обладающего значительным биологическим потенциалом, в технологии поликомпонентных формованных полуфабрикатов на основе рыбного фарша, доведение до кулинарной готовности которых в домашних условиях позволяет рационально использовать время, остается актуальным. Соответственно, комбинирование фарша из мышечной ткани рыб с фитоингредиентами, в том числе дикорастущими, при выпуске формованных полуфабрикатов перспективно как одно из направлений расширения ассортимента продуктов, включение которых в рацион способствует обеспечению сбалансированности питания.

Одним из вариантов сочетания рыбной составляющей и фитосырья в составе формованных рыбных полуфабрикатов является выпуск изделий с рыбной фаршевой оболочкой, позволяющей при кулинарной термической обработке сохранить сочность начинки на основе растительных компонентов.

На основании изложенного выше, целью проводимого исследования являлась разработка технологии рыбных формованных полуфабрикатов из тихоокеанской горбуши с наполнителями из дикоросов для расширения ассортимента, повышения показателей качества продукции.

Объектом проводимого исследования являлась технология рыбных формованных комбинированных полуфабрикатов – зраз из горбуши с наполнителями из дикоросов.

Выбор сырья обусловлен тем, что горбуша является самой массовой рыбой в уловах тихоокеанских лососей, органолептические и физико-механические свойства ее мышечной ткани в кулинарных изделиях обусловливают необходимость их «облагораживания» путем повышения сочности и улучшения вкусовых характеристик.

В качестве растительного ингредиента в составе начинок зраз предложено использование папоротника, крапивы, щавеля и белого гриба. Выбор данного растительного сырья обусловлен его доступностью и богатым химическим составом. Сбор и заготовка выбранных дикоросов ежегодно осуществляется несколькими предприятиями Камчатского края.

Побеги папоротника орляка богаты легко усваиваемыми белковыми веществами, близкими к белкам зерновых, полисахаридами, в том числе балластными, содержат органические кислоты, фитостеролы, флавоноиды, дубильные соединения катехиновой группы, витамины и минеральные вещества [9, 10]. В листьях крапивы плосколистной содержатся аналогичные группы соединений, а благодаря наличию муравьиной, лимонной, молочной, щавелевой и янтарной кислот крапива обладает бактерицидными свойствами. Щавель кроме аналогичных групп соединений содержит оксалаты, а также дубильные вещества пирокатехиновой группы, придающие растению антибактериальные свойства [9]. Исключительная пищевая ценность и популярность белого гриба объясняется его высокими вкусовыми свойствами, богатством химического состава [11].

Отбор проб образцов формованных комбинированных полуфабрикатов, оценку органолептических и физико-химических показателей осуществляли в соответствии с требованиями действующих документов стандартизации [12–14].

Для оценки влияния рецептурных компонентов на реологические и структурно-механические характеристики фаршевой композиции определяли предельное напряжение сдвига (ПНС) смеси, липкость на структурометре СТ-2 и водоудерживающую способность (ВУС) прессованием [15].

Сроки годности образцов рыбных формованных полуфабрикатов с начинками из дикоросов устанавливали по результатам исследования динамики деградации показателей гидролитической и окислительной порчи (содержание азота летучих оснований, кислотное число жира, йодное число жира), а также микробиологических показателей в процессе хранения образцов [16].

В качестве сырья для приготовления образцов формованных полуфабрикатов использовали фарш из горбуши «Восточный». Фарш размораживали на воздухе до достижения температуры в толще не выше минус 2°С, измельчали в мясорубке с отверстиями решетки диаметром 3 мм, добавляя при измельчении пшеничный хлеб, предварительно замоченный в воде, а также соль, перец, яйцо, перемешивали до достижения однородной консистенции. Хлеб и воду добавляли к рыбному фаршу для разных образцов продукта в количестве от 5 до 40% с интервалом 5% в разных соотношениях. Фаршевую композицию составляли в соответствии с обоснованной рациональной рецептурой, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Рецептура фаршевой композиции для приготовления образцов формованных полуфабрикатов из горбуши с начинками из дикоросов, г на 1 000 г

Наименование ингредиента	Расход	Наименование ингредиента	Расход
Фарш рыбный	655,0	Соль пищевая	10,0
Хлеб пшеничный	164,0	Перец черный молотый	0,5
Вода или бульон рыбный	131,0	Яйцо куриное	39,5
Выход фаршевой смеси		1 000,0	

Рациональное соотношение компонентов фаршевой композиции определяли по консистенции и формуемости смеси, вкусовым свойствам после термической обработки, показателям ВУС, ПНС и липкости.

Дозу добавляемого в фаршевую смесь хлеба – 25% от массы рыбного сырья – устанавливали органолептически после термической обработки. Такое количество в составе фаршевой смеси придавало готовым изделиям пористую, нежную, сочную консистенцию.

На рис. 1 и 2 приведена динамика изменения ВУС фарша из горбуши и фаршевой смеси в зависимости от количества добавляемой воды. Необходимость добавления в фаршевую смесь яйца определяли по показателям ВУС, ПНС и липкости (рис. 3).

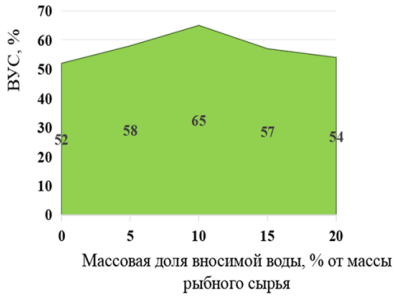


Рис. 1. Изменение ВУС фарша из горбуши в зависимости от количества добавляемой воды

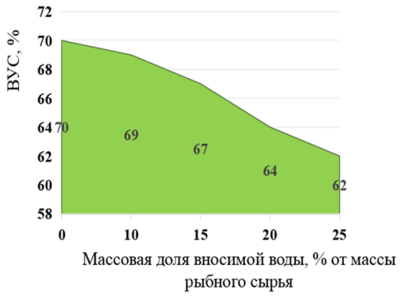


Рис. 2. Изменение ВУС фаршевой смеси в зависимости от количества добавляемой воды

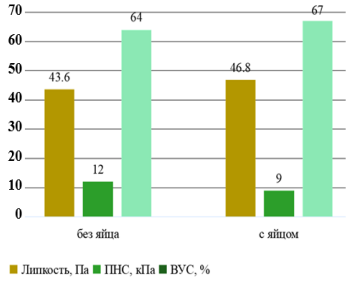


Рис. 3. Влияние добавления яйца в фаршевую смесь на ее реологические и структурно-механические свойства

Как видно из рис. 1, образец рыбного фарша с добавлением 10% воды характеризовался наиболее высоким значением ВУС. Рис. 2 показывает, что добавление хлеба в состав фаршевой смеси способствовал повышению ее ВУС, однако при добавлении менее 20% воды консистенция смеси оказалась довольно плотной, плохо формуемой, а после термической обработки такие изделия из такой смеси получались жесткими и сухими. На основании анализа исследования ВУС установили рациональное количество воды 20%, обеспечивающее величину ВУС 64%.

Яйцо вносили в количестве 4% от массы готовой фаршевой смеси. Как показывают данные рис. 3, добавление яйца обусловило повышение липкости и ВУС смеси, при этом значение ПНС снизилось, что говорит о повышении влагоемкости и, соответственно, сочности массы.

Рецептуры начинок для приготовления образцов зраз приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рецептуры начинок для приготовления образцов формованных полуфабрикатов из горбуши, г на 1 000 г

Наименование ингредиента	Образец № 1, расход	Образец № 2, расход
Папоротник соленый отмоченный и обжаренный	534,0	–
Грибы варено-мороженые размороженные и обжаренные	250,0	–
Щавель термически обработанный	–	325,0
Крапива термически обработанная	–	325,0
Масло сливочное	70,0	70,0
Яйцо куриное	–	200,0
Лук репчатый пассированный	115,0	50,0
Сухари панировочные	13,5	13,5
Соль пищевая	10,0	10,0
Перец черный молотый	0,5	0,5
Укроп сушеный (зелень)	7,0	6,0
Выход	1 000,0	1 000,0

Соотношение основных компонентов на 100 изделий массой нетто 174,0 г с учетом потерь при замораживании 0,8% составило 12 400,0 г фаршевой смеси, 4 200,0 г начинки, 950,0 г панировочных сухарей.

Из фаршевой смеси и начинки формовали зразы, панировали в сухарях, укладывали на подсыпанные панировочными сухарями лотки и замораживали при температуре минус 40°С до температуры в продукте не выше минус 18°С. Затем зразы упаковывали по 4 штуки в полиэтиленовые пакеты и хранили в замороженном состоянии при достигнутой температуре.

Оценку динамики изменения показателей образцов для установления сроков годности проводили после размораживания. Уже спустя 7,5 мес хранения у образцов отмечали незначительное высыхание поверхности и ощущали «старый» запах. В связи с этим изменения физико-химических и микробиологических показателей наблюдали на протяжении 8 мес.

Как показали исследования, за период хранения образцов массовая доля азота летучих оснований выросла незначительно – от 0,011 до 0,023 мг/100 г, кислотное число жира изменилось от 1,26 до 6,54 мг КОН на 1 г жира, йодное число жира – от 8 до 29 ммоль/кг $^{1}/_{2}$О. Наиболее значительные изменения физико-химических показателей отмечены в период от 7,5 до 8 мес.

Микробиологические показатели полуфабрикатов – КМАФАнМ, значение которого не должно превышать 1×10^5 КОЕ/г, бактерии группы кишечных палочек (КОЕ), наличие которых не допускается в 0,001 г продукта [17, 18], – на протяжении периода исследования не превышали установленные регламенты.

На основании результатов оценки динамики деградации показателей, охарактеризованных выше, с учетом коэффициента резерва 1,15 [16] был установлен срок годности 6,5 мес для образцов замороженных полуфабрикатов – зраз из горбуши с начинками из дикоросов.

Пищевую и энергетическую ценность полуфабрикатов рассчитывали, исходя из результатов определения основного химического состава образцов (табл. 3).

Таблица 3

Пищевая и энергетическая ценность формованных полуфабрикатов из горбуши с начинками из дикоросов на 100 г продукта и степень удовлетворения суточной потребности в основных нутриентах и энергии при употреблении 100 г готовой продукции

Наименование образца	Содержание / степень удовлетворения, %			Энергетическая ценность / степень удовлетворения, ккал
	Белок	Жиры	Углеводы	
Образец № 1 с папоротником и грибами	14,1 / 17,6	6,9 / 8,6	14,5 / 3,6	176 / 6,2
Образец № 2 со щавелем и крапивой	13,6 / 17,0	6,7 / 8,4	15,1 / 3,8	175 / 6,1

Как видно из табл. 3, зразы из горбуши с начинками из дикоросов, приготовленные из формованных полуфабрикатов, можно рассматривать как один из продуктов повседневного рациона. Введение дикорастущего сырья в рецептуру начинок позволяет включить в состав продукта углеводы, в том числе сложные, отсутствующие в рыбном сырье.

Расширение ассортимента полуфабрикатов, потребительский спрос на которые неуклонно растет, является актуальной задачей. Предложенная в результате проведенных исследований технология является одним из направлений, позволяющих пополнить рынок полуфабрикатов продукцией с высокой пищевой ценностью, содержащей все необходимые нутриенты, в том числе легко усваиваемый рыбный белок. Включение дикоросов в состав формованных полуфабрикатов из тихоокеанской горбуши, мышечная ткань которой характеризуется пониженными органолептическими свойствами, позволяет «облагородить» фаршевое изделие, улучшить органолептические и физико-механические показатели продукции. Данную технологию также можно рассматривать как одно из направлений рационального использования рыбного сырья, включая рыбу с механическими повреждениями.

Литература

1. *Сафронова Т.М., Дацун В.М.* Сырье и материалы рыбной промышленности. – М.: Мир, 2004. – 272 с.

2. *Иринина О.И.* Разработка технологии и ассортимента кулинарной продукции с функциональными свойствами на основе рыбного фарша: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2014. – 24 с.

3. *Горбатовский А.А.* Разработка рецептуры и технологии фаршевых изделий из пресноводных рыб сложного сырьевого состава: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2006. – 24 с.

4. *Зюзина О.Н.* Разработка технологии и оценка потребительских свойств полуфабрикатов с использованием рыбного и растительного сырья: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2012. – 24 с.

5. *Мошарова М.Э.* Совершенствование технологии рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства: Дис. … канд. техн. наук. – Калининград, 2024. – 155 с.

6. *Белова М.П.* Научное обоснование и разработка технологий рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калининград, 2018. – 23 с.

7. *Куликова А.С.* Совершенствование технологии рыбных полуфабрикатов, рекомендованных для питания детей дошкольного возраста: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калининград, 2021. – 24 с.

8. Патент РФ 2294117. Формованный рыбный полуфабрикат для дошкольного и школьного питания / *Л.С. Абрамова, Е.С. Коноваленко*. – Опубл. 27.02.2007.

9. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М.: ГУГК, 1980. – С. 294.

10. Орляк обыкновенный. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Орляк_обыкновенный (дата обращения 09.06.2025).

11. Белый гриб. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Белый_гриб (дата обращения: 10.06.2025).

12. ГОСТ 31339–2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2010. – 15 с.

13. ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

14. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2010. – 88 с.

15. *Николаенко О.А., Шокина Ю.В., Волченко В.И.* Методы исследования рыбы и рыбных продуктов: Учебное пособие. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 176 с.

16. МУК 4.2.1847–04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

17. ТР ЕАЭС 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции. Технический регламент Евразийского экономического союза. – 77 с.

18. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза. – 242 с.

УДК 664.951.037.5

В.А. Иодис, С.И. Волосян

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: iodisva@mail.ru

ЗАМОРАЖИВАНИЕ СТЕЙКА ИЗ НЕРКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ПРОЦЕССА

Проведенные аналитические исследования показали, что «быстрого» замораживания (0,005–0,05 м/ч) стейка из нерки, способного обеспечить сохранение качества продукта на высоком уровне, можно достичь при температуре воздуха минус 18°С и ниже, скорости охлаждающего воздуха 3 м/с и выше. На значение коэффициента теплоотдачи, одного из основных теплофизических показателей процесса низкотемпературной обработки, основное влияние оказывает скорость воздуха, а понижение его температуры оказывает незначительное влияние. Понижение температуры охлаждающего воздуха с минус 18 до минус 40°С не позволяет достичь «сверхбыстрого» замораживания (0,005–0,05 м/ч), как и увеличение скорости воздуха с 3 до 12 м/с. Адекватность проведенных аналитических исследований подтвердили экспериментальные исследования замораживания стейка из нерки при температуре минус 24°С и скорости движения воздуха 5 м/с.

Ключевые слова: замораживание, скорость, температура, коэффициент теплоотдачи, аналитические исследования, стейк из нерки.

V.A. Iodis, S.I. Volosyan

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: iodisva@mail.ru

FREEZING SOCKEYE SALMON STEAK UNDER VARIOUS PROCESS PARAMETERS

Conducted analytical studies have shown that “quick” freezing (0.005–0.05 m/h) of sockeye salmon steak, capable of ensuring the preservation of product quality at a high level, can be achieved at the air temperature of minus 18°C and below, and a cooling air speed of 3 m/s and above. The value of the heat transfer coefficient, one of the main thermophysical indicators of the low-temperature processing, is primarily influenced by the air speed, while a decrease in its temperature has an insignificant effect. Reducing the cooling air temperature from minus 18°C to minus 40°C does not achieve “ultra-fast” freezing (0.005–0.05 m/h), nor does increasing the air speed from 3 to 12 m/s. The validity of the analytical studies was confirmed by experimental studies of sockeye salmon steak freezing at minus 24°C and an air speed of 5 m/s.

Key words: freezing, speed, temperature, heat transfer coefficient, analytical studies, sockeye salmon steak.

С начала XXI в. в нашей стране в несколько раз увеличился объем продукции, подвергаемой низкотемпературной обработке – «быстрому» замораживанию. Данная обработка обеспечила не только сохранение качества замораживаемых продуктов на высоком уровне, расширение их ассортимента, доступность в процессе продолжительного хранения, но и вытеснение с отечественного рынка импортных мороженых продуктов [1]. Для достижения параметров «быстрого» замораживания (по классификации от 0,005 до 0,05 м/ч [2]), а также «сверхбыстрого», «ультрабыстрого» используют различные способы низкотемпературной обработки – воздушный, контактный, иммерсионный, гидрофлюидизационный, акустический электростатический, ультразвуковой, электромагнитный, криогенный, замораживание под давлением и др. [3]. Традиционно в нашей стране на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях и на судах используется контактное и бесконтактное (воздушное) замораживание при температурах от минус 20 до

минус 40°С, скоростях движения воздуха от 3 до 10 м/с. Однако, как показал анализ литературных источников, в них не приводятся теплофизические показатели процесса «быстрого» замораживания, которые являются главными факторами сохранения показателей пищевой ценности продуктов до и после низкотемпературной обработки.

В соответствии с вышесказанным, целью работы является аналитическое определение основных параметров процесса воздушного замораживания – скорости, температуры воздуха, коэффициента теплоотдачи для достижения «быстрого» замораживания стейка из нерки.

Зависимость скорости замораживания стейка из нерки от температуры охлаждающего воздуха при постоянной толщине продукта определяется на основании формулы Планка [4, 5]:

$$\upsilon_з = \frac{t_{кр} - t_c}{Q \cdot \rho_{зн}\left(\frac{2 \cdot \delta \cdot r}{\lambda_{зн}} + \frac{p}{\alpha}\right)}, \quad (1)$$

где t_c – температура охлаждающего воздуха, $t_{кр}$ = −1,1°С (криоскопическая температура определена экспериментально);

Q – удельная теплота, выделяющая при замораживании, 231 кДж/кг;

$\rho_{зн}$ – плотность замороженной нерки, 960 кг/м^3 [6];

δ – 50% толщины стейка, 0,0125 м;

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м^2 К;

$\lambda_{зн}$ – теплопроводность замороженной нерки, 1,41 Вт/м·К (определено методом «Изотермический источник тепла» [6]);

p, r – постоянные коэффициенты, [7, 8].

Коэффициент теплоотдачи потоку воздуха от слоя объекта с учетом зависимости для критерия Нуссельта [9] от критериев Рейнольдса и Прандтля определяется:

– для ламинарного режима течения

$$\alpha = 0{,}66 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}5} \cdot \mathrm{Pr}_в^{0{,}33} \cdot \sqrt[4]{\frac{\mathrm{Pr}_в}{\mathrm{Pr}_{пов}}} \cdot d_{экв}^{-1} \cdot \lambda_в, \quad (2)$$

– для турбулентного режима течения

$$\alpha = 0{,}0296 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}8} \cdot \mathrm{Pr}_в^{0{,}43} \cdot \sqrt[4]{\frac{\mathrm{Pr}_в}{\mathrm{Pr}_{пов}}} \cdot d_{экв}^{-1} \cdot \lambda_в, \quad (3)$$

где Re – критерий Рейнольдса [10];

$\mathrm{Pr}_в$, $\mathrm{Pr}_{пов}$ – критерии Прандтля воздуха, поверхности;

$d_{экв}$ – эквивалентный диаметр, 0,1 м;

$\lambda_в$ – теплопроводность воздуха, Вт/м·К [11, 12].

Критерий Рейнольдса определяется:

$$\mathrm{Re} = \frac{\upsilon d_{экв} \rho}{\eta}, \quad (4)$$

где υ – скорость воздуха, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3;

η – динамическая вязкость воздуха, Па·с.

Критерий Прандтля определяется:

$$\mathrm{Pr} = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda_в}, \quad (5)$$

где c_p – удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С [11, 12].

Параметры воздуха при температурах минус 18, 24, 20, 40°С, определяемые формулами Милликена (η), Менделеева – Клапейрона (ρ), критерии (Re, $Pr_в$), коэффициенты теплопроводности ($\lambda_в$) и теплоемкости (c_p) представлены в таблице:

$$\eta_в = 1{,}745 \cdot 10^{-5} + 5{,}03 \cdot 10^{-8} \cdot t; \quad (6)$$

$$\rho_в = \frac{p_{ст} \cdot M}{R \cdot T \cdot Z}, \quad (7)$$

где p – давление воздуха, Па;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T – температура воздуха, К;

M – молярная масса, кг/моль;

Z – фактор сжимаемости.

Параметры воздуха при температурах от минус 18 до минус 40°С и скоростях воздуха 3–12 м/с

t, °С	$\rho_в$, кг/м^3	$\eta_в \cdot 10^{-6}$, Па·с	c_p, Дж/кг·К	$\lambda_в \cdot 10^{-2}$, Вт/м·К	Re	$Pr_в$
–18	1,3847	16,54	1008	2,296	36 156–144 627	0,7263
–24	1,4181	16,24	1011	2,248	37 716–150 864	0,7305
–30	1,4531	15,94	1013	2,2	39 379–157 516	0,7340
–40	1,5154	15,43	1013	2,12	42 407–169 629	0,7376

Решения (1), (2) для различных температур воздуха – от минус 18 до минус 40°С, скоростей его движения – 3, 5, 7, 10, 12 м/с представлены на рис. 1 и 2.

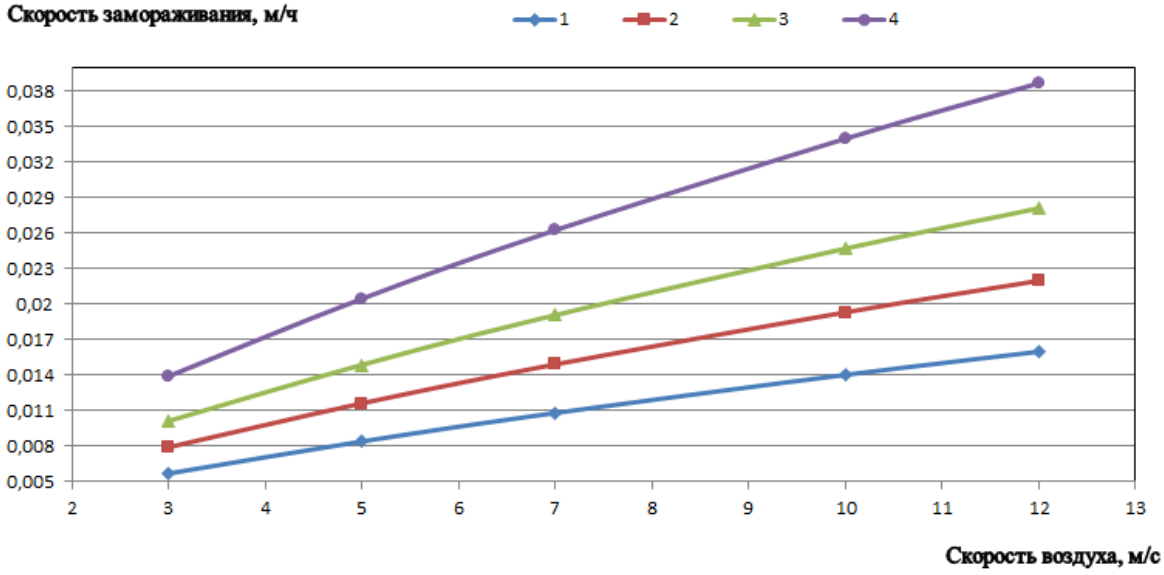


Рис. 1. Зависимость скорости замораживания стейка из нерки от скорости движения воздуха в процессе замораживания: 1 – минус 18°С; 2 – минус 24°С; 3 – минус 30°С; 4 – минус 40°С

Анализ результатов аналитических исследований, представленных на рис. 1, показывает, что при температуре воздуха минус 18°С и ниже, при его скорости 3 м/с и выше обеспечивается достижение параметров «быстрого» замораживания продукта. Для достижения «сверхбыстрого» замораживания необходимо понижение температуры ниже минус 40°С, увеличения скорости движения воздуха выше 12 м/с. На значение коэффициента теплоотдачи, определяющего интенсивность теплоотвода от продукта к охлаждающему воздуху, влияющего на скорость перемещения фронта кристаллизации и в конечном итоге на качество продукта, мало влияет понижение температуры воздуха – всего на 5,2–5,3%.

Влияние на значение коэффициента теплоотдачи оказывает скорость движения воздуха – при ее росте от 3 до 12 м/с коэффициент увеличился в 3,03 раза (рис. 2). Как скорость замораживания, так и коэффициент теплоотдачи с ростом скорости движения воздуха увеличиваются линейно.

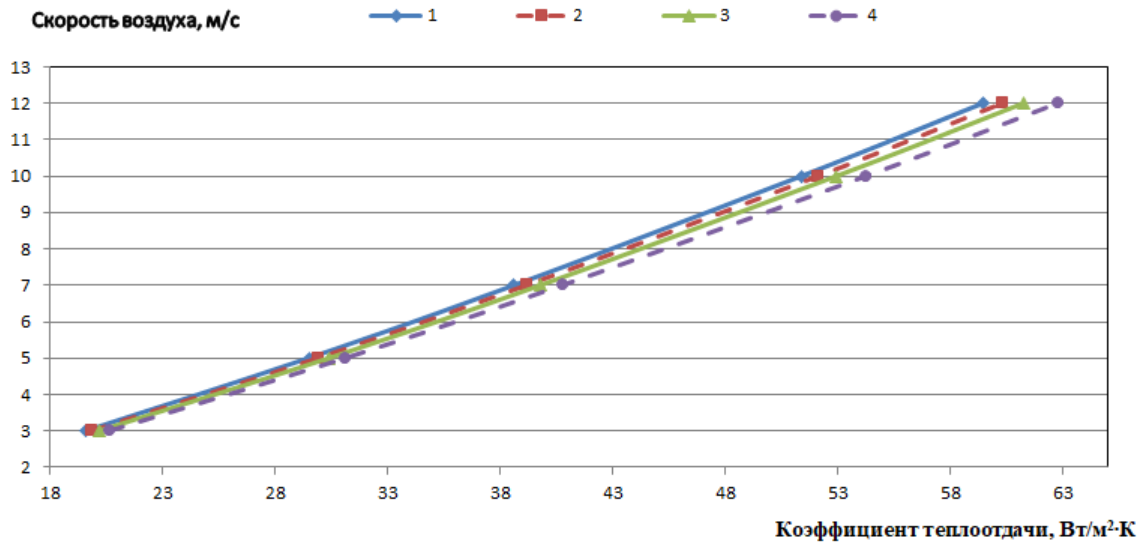


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости движения воздуха в процессе замораживания стейка из нерки: 1 – минус 18°С; 2 – минус 24°С; 3 – минус 30°С; 4 – минус 40°С

Для проверки адекватности аналитических расчетов проведены экспериментальные исследования по замораживанию стейка из нерки в воздухе при температуре минус 24°С, скорости хладоносителя 5 м/с на базе двухступенчатой фреоновой холодильной установки, расположенной в лаборатории кафедры «Технологические машины и оборудование». Измерение температур поверхности, центра стейка, температуры в камере замораживания осуществлялось измерителем температуры марки ИРТ-4. Для обеспечения обдува использовали осевой вентилятор. Продолжительность замораживания стейка составила 72 мин. Согласно расчетам, при данных условиях продолжительность замораживания составляет 64,6 мин, что расходится с результатом эксперимента на 10,2%. Можно сделать вывод о правильности проведенных расчетов.

1. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что уже при температуре воздуха минус 18°С и скорости 3 м/с замораживание по существующей классификации [2] можно считать «быстрым», обеспечивающим сохранность свойств продукта – стейка из нерки на высоком уровне (сочность, текстура, полезные вещества).
2. Большее значение на рост коэффициента теплоотдачи оказывает скорость движения воздуха, меньшее значение – снижение температуры охлаждающего воздуха.
3. Понижение температуры охлаждающего воздуха с минус 18 до минус 40°С не позволяет достичь «сверхбыстрого» замораживания, как и увеличение скорости воздуха с 3 до 12 м/с, что согласуется с данными существующих исследований.
4. Как показывают аналитические исследования, для обеспечения «быстрого» замораживания, сохранения достаточно высокого качества продукта, возможно использование одноступенчатых или двухступенчатых фреоновых холодильных установок. Они гораздо менее дорогостоящие и энергозатратные, чем каскадные, трехступенчатые, криогенные установки, обеспечивающие «сверхбыстрое», «ультрабыстрое» замораживание.
5. Проведенные экспериментальные исследования замораживания стейка из нерки при температуре минус 24°С и скорости воздуха 5 м/с показали адекватность проведенных аналитических расчетов.

Литература

1. *Кузнецов А.А., Феськов О.А.* Исследование параметров процесса замораживания творога криогенным методом // Сборник научных трудов «Проблемы современного мира глазами молодежи» / Под общ. ред. Н.М. Мекеко. – 2020. – С. 76–88.

2. *Феськов О.А., Стефанова В.А., Кузьмина И.А.* Быстрое замораживание продукции животного происхождения с применением оборудования и технологий криогенного метода // Вестник Международной академии холода. – 2024. – № 1. – С. 60–70. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-60–70.

3. *Никитенков И.И., Твердохлеб Р.С., Кузьмина И.А.* Инновационные методы замораживания продуктов в пищевой отрасли // Инновационные научные исследования. – 2022. – № 6-1 (20). – С. 46–53. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.7089423

4. *Иодис В.А., Шмелев Д.А.* Низкотемпературная обработка стейка из кеты при различной скорости и температуре воздуха / Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XVI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский. – 2025. – С. 153–158.

5. *Куцакова В.Е, Кушке Г.В.* О границах применимости формулы Планка // Холодильная техника. – 1989. – № 11. – С. 39–40.

6. *Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И.* Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

7. *Головкин Н.А.* Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищ. промсть, 1984. – 240 с.

8. *Иодис В.А.* Разработка технологии низкотемпературной обработки мидии тихоокеанской (*Mytilus trossulus*) жидким азотом: Дис. … канд. техн. наук: 05.18.04 / В.А. Иодис; Дальрыбвтуз. – Владивосток, 2009. – 171 с.

9. *Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.* Теплопередача: Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

10. Иодис В.А. Гидравлика: Учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – 125 с.

11. *Варгафтик Н.Б.* Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.

12. Иодис В.А. Механика жидкости и газа: Учебное пособие для студентов направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» вузов региона. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 213 с.

УДК 664.8:582.272

А.П. Лутова

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: nastya.lutova@internet.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАСТЕРИЗОВАННОГО ПРОДУКТА ТИПА «СУП МИЁККУК» С БУРОЙ ВОДОРОСЛЬЮ *FUCUS DISTICHUS*

В статье обоснована целесообразность замены бурой водоросли *Undaria pinnatifida,* применяемой в рецептурном составе традиционного супа миёккук, бурой водорослью *Fucus distichus*, широко распространенной в прибрежных водах Камчатки, образующей обширные запасы биомассы, в состав которой входит комплекс биологически и физиологически активных соединений. Показано, что по содержанию основных составляющих химического состава фукусы не уступают ундарии, кроме того, значительно превосходят ее по содержанию ценнейшего полисахарида фукоидана. Производство пастеризованного продукта типа супа миёккук с фукусом представляет собой дополнительный ассортиментный потенциал готовых к употреблению блюд, спрос на которые неуклонно растет.

Ключевые слова: суп миёккук, *Undaria pinnatifida,* вакамэ, *Fucus distichus*, вакуумная упаковка, пищевые технологии, функциональные продукты.

A.P. Lutova

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: nastya.lutova@internet.ru

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF A PASTEURIZED PRODUCT SUCH AS “MIEKKUK SOUP” WITH BROWN ALGAE *FUCUS DISTICHUS*

The article substantiates the expediency of replacing brown algae *Undaria pinnatifida*, used in the formulation of traditional mekkuk soup, with brown algae *Fucus distichus*, widespread in the coastal waters of Kamchatka, forming extensive reserves of biomass, which includes a complex of biologically and physiologically active compounds. It is shown that in terms of the content of the main components of the chemical composition, fucuses are not inferior to undaria, in addition, they significantly exceed it in terms of the content of the most valuable polysaccharide fucoidan. The production of a pasteurized product such as mekkuk soup with fucus represents an additional assortment potential of ready-to-eat dishes, the demand for which is steadily growing.

Key words: miekkuk soup, *Undaria pinnatifida*, wakame, *Fucus distichus,* vacuum packaging, food technology, functional products.

Современный рынок пищевых продуктов характеризуется растущим спросом на готовые к употреблению блюда, сохраняющие традиционные вкусовые качества и обладающие функциональными свойствами. Особый интерес представляют продукты, содержащие морские бурые водоросли, в частности *Undaria pinnatifida* (вакамэ), широко используемые в азиатской кухне, обладающие высокой пищевой ценностью и содержащие биологически активные соединения, в том числе фукоксантин, фукоиданы, йод [1]. Производство пастеризованных первых блюд с вакамэ позволяет создать продукт функционального питания с пролонгированным сроком годности. Технология должна обеспечивать сохранность традиционных вкусовых характеристик блюда при обеспечении микробиологической безопасности.

Суп миёккук – традиционное корейское блюдо, приготавливаемое на основе вакамэ и говядины [2]. Этот суп обладает не только высокими вкусовыми свойствами, но и высокой пищевой ценностью благодаря содержанию в нем животного белка и биологически активных соединений вакамэ.

Производство пастеризованного [3] супа миёккук в мягкой потребительской упаковке представляет собой перспективное направление, позволяющее обеспечить сохранность традиционных органолептических характеристик продукта, максимального количества биологически активных соединений ингредиентов, удобство хранения и транспортирования, увеличение срока годности.

Цель проводимого исследования – разработка технологии пастеризованного супа типа миёккук с бурой водорослью *Undaria pinnatifida* в мягкой потребительской упаковке.

Для приготовления контрольного образца продукта за основу брали традиционную рецептуру супа миёккук, приведенную в табл. 1. В составе экспериментального образца вакамэ заменяли значительно более доступной для камчатских производителей бурой водорослью *Fucus distichus*, массово произрастающей вдоль всего западного и восточного побережий Камчатки.

Таблица 1

Традиционная рецептура супа миёккук, кг на 100 кг готового продукта

Наименование ингредиента	Количество, кг
Водоросли вакамэ (сушеные)	2,5
Говядина / свинина / курица / индейка	12,0
Чеснок свежий	1,2
Соевый соус	4,0
Вода питьевая подготовленная	78,3
Масло растительное рафинированное	2,0
Сорбат калия (Е202)	0,05
Глутамат натрия (Е621)	Опционально, для усиления вкуса
Крахмал модифицированный	Для загущения, при необходимости

Благодаря разнообразию содержащихся в фукусах биологически ценных соединений, в том числе фукоидана, обладающего целым комплексом физиологически полезных свойств – антиоксидантного, антивирусного, антикоагулянтного и других – *Fucus distichus* стоит рассматривать как перспективное сырье пищевой отрасли [4–6]. В настоящее время, однако, фукус широкого промышленного применения, как, например, ламинариевые водоросли, пока не нашел.

В табл. 2 приведены сравнительные данные химического состава бурых водорослей родов *Undaria* и *Fucus* [7–9].

Таблица 2

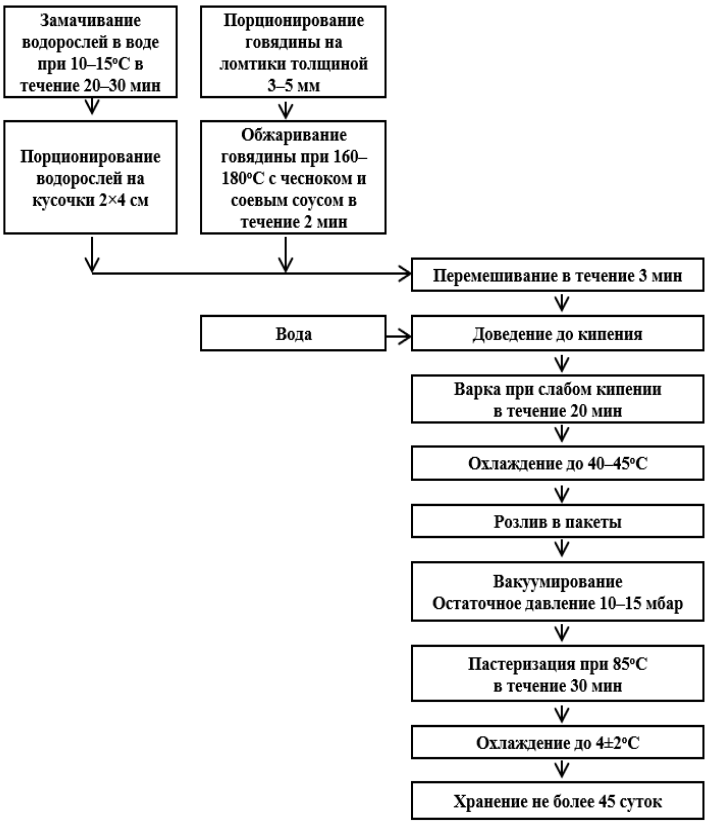
Сравнительный химический состав бурых водорослей родов *Undaria* и *Fucus*

Наименование соединения	Содержание, %	
	в *Undaria pinnatifida*	в *Fucus distichus*
Азотсодержащие вещества	0,97–1,40	0,43–1,50
Липиды	0,15–0,17	0,10–0,50
Углеводы	9,19–10,01	6,20–8,30
Минеральные вещества	3,25–3,66	До 3,80
Полисахариды	7,40	До 27,60
Фукоидан, от массы общих углеводов	4,67–5,11	До 7,90–16,00
Альгиновая кислота, от массы общих углеводов	24,50–27,20	11,20–18,50 до 59,00
Маннит	15,1–17,4	8,00–12,00

Как видно из табл. 2, фукусы превосходят ундарию по содержанию общей массы полисахаридов и значительно превосходят по массовой доле фукоидана.

Соединения, содержащиеся в фукусах, принимают участие в таких процессах человеческого организма, как повышение активности ферментов, способствующих окислению липидов и превращению холестерина в желчные кислоты, стимулирование регенерации тканей, эпителизации и рубцевания ран и язв, подавление роста патогенной микрофлоры, нормализация сосудистой проницаемости, активизация клеточного метаболизма [10].

Образцы продукта изготавливали в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке.



Технологическая схема приготовления пастеризованного продукта «Суп миёккук»

Сушеную вакамэ замачивали в холодной воде при температуре 10–15°С в соотношении 1 : 15 в течение 20–30 мин до полного восстановления упругости. Избыточное длительное замачивание приводит к потере водорастворимых витаминов и минеральных компонентов. После набухания водоросли промывали и нарезали на кусочки размером 2 × 4 см.

В качестве высокобелкового ингредиента брали говядину – вырезку либо лопатку. Это объясняется достаточно низким содержанием жира в данных частях – в среднем 5,9% в лопаточной части и 4,8% в вырезке. Такой выбор обеспечивает прозрачность бульона готового продукта, а также способствует снижению энергетической ценности порции. Кроме того, говядина обладает ярко выраженным специфическим ароматом, создающим особую «нотку» во вкусо-ароматическом букете. Говядину нарезали поперек волокон на ломтики толщиной 3–5 мм. Обжаривание проводили в котле с двойными стенками при температуре 160–180°С с добавлением растительного масла, измельченного чеснока и соевого соуса в течение 2 мин при постоянном помешивании.

К обжаренной говядине добавляли подготовленные водоросли и перемешивали в течение 3 мин при температуре 140–150°С. Затем вносили рассчитанное количество воды, доводили до кипения и варили при слабом кипении при температуре 98–100°С в течение 20 мин.

За 2 мин до окончания варки вносили раствор сорбата калия. При необходимости регулировали вкус, добавляя глутамат натрия. Температура супа перед розливом в пакеты должна составлять не ниже 95°С. Такая температура обеспечивает разрежение воздуха над уровнем продукта в пакете за счет его нагревания.

Охлажденный до температуры не выше 10°С во избежание вскипания при вакуумировании продукт разливали по 250 г в термоустойчивые пакеты из многослойной пленки PET/AL/PE с запасом по высоте. Пакеты вакуумировали до остаточного давления 10–15 мбар с помощью вакууматора «Liquid» с режимом задержки запайки, что позволяет перед запаиванием пакета выдерживать паузу, в течение которой жидкость успевает осесть.

Пакеты с продуктом подвергали пастеризации при температуре 85°С в течение 30 мин, после чего охлаждали до температуры хранения (4 ± 2)°С.

Оценку качества готовых образцов продукта на данном этапе исследования производили органолептически (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная органолептическая оценка образцов продукта типа «Суп миёккук»

Наименование показателя	Характеристика показателя	
	Контрольный образец с *Undaria pinnatifida*	Экспериментальный образец с *Fucus distichus*
Внешний вид	Кусочки водорослей и говядины равномерно распределены в бульоне	
Цвет	Бульон прозрачный, от светло-коричневого до янтарного цвета, водоросли от темно-зеленого до бурого цвета	
Консистенция	Водоросли упругие. Говядина мягкая, нежная, легко разволокняется	
Вкус и запах	Характерные для супа миёккук, с выраженными нотами водорослей, чеснока и соевого соуса, без посторонних привкусов	

Как видно из табл. 3, органолептические показатели у образцов продукта, как с водорослью *Undaria pinnatifida,* так и с *Fucus distichus,* имели идентичные характеристики, что позволяет судить о возможности и перспективности применения в рецептурном составе супа типа миёккук камчатской бурой водоросли *Fucus distichus*.

Таким образом, в результате исследования, проведенного на данном этапе, по данным органолептического анализа была обоснована возможность и целесообразность применения в составе пастеризованного готового продукта – супа типа миёккук бурой водоросли *Fucus distichus*, широко произрастающей вдоль побережья Камчатского полуострова, образующей обширные запасы биомассы, богатой ценными физиологически и биологически активными соединениями.

Продукт рекомендуется для широкого круга потребителей как готовое блюдо функциональной направленности, результативность которой планируется исследовать на следующем этапе.

Литература

1. Undaria pinnatifida: A nutraceutical and bioactive ingredient for functional foods / *K.A. Sanjeewa, I.P.S. Fernando, S.-Y. Kim et al.* // Trends in Food Science & Technology. – 2019. – Vol. 85. – P. 165–176.

2. *Park S.Y., Kim M.J., Lee J.W.* // Development of ready-to-eat seaweed soup products using vacuum packaging technology // Food Science and Biotechnology. – 2021. – Vol. 30, №. 4. – P. 567–575.

3. Барьерная технология гидробионтов: Учебное пособие / *Г.Н. Ким, Т.М. Сафронова, О.Я. Мезенова и др.*; под ред. Т.М. Сафроновой. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 336 с.

4. *Кашутин А.Н.* Биология развития и экология бурой водоросли *Fucus distichus* в прибрежных водах Камчатки: Автореф … дис. канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2021. – 23 с.

5. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.

6. *Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э.* Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. – Т. 1. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2009. – 218 с.

7. USDA – U.S. Department of Agriculture. – URL: https://www.usda.gov (дата обращения: 03.03.2026).

8. *Каленик Т.К., Табакаева О.В., Семилетова Е.В.* Фитохимический и углеводный состав бурых водорослей Дальневосточного региона *Undaria pinnatifida* и *Costaria costata* // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2014. – № 3(57). – С. 28–29.

9. *Табакаева О.В., Табакаев А.В.* Биологически активные вещества потенциально промысловых бурых водорослей Дальневосточного региона // Вопросы питания. – 2016. – № 3. – С. 126–133.

10. Морские водоросли фукус [Электронный ресурс]. – URL: http://tsamax.su/komponents/morskie-vodorosli-fukus.html (дата обращения: 03.03.2026).

УДК 665.213

О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.С. Калинина, В.В. Волков

Калининградский государственный технический университет,
Калининград, 236022
e-mail: mezenova@klgtu.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИРА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ РЫБНЫХ ГОЛОВ И ПЕРСПЕКТИВ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Жир из отходов рыбопереработки является перспективным источником углерода для микробного синтеза продуктов биотехнологии – полигидроксиалканоатов и белков. По оптимизированным режимам ферментативного способа экстракции с применением протеолитического фермента алкалазы из голов копченой кильки и голов скумбрии были получены и исследованы шесть партий жира. В каждой партии жира был определен общий химический состав, степень извлечения по массовой доле липидов относительно сырья, показатели гидролиза (кислотное число) и степени окисления жира (перекисное и тиобарбитуровое числа), физико-химические характеристики (содержание неомыляемых примесей, воды), жирнокислотный состав. По уровню накопления продуктов гидролиза (свободных жирных кислот) и окисления (перекисей, альдегидов) все жиры характеризовались показателями, приемлемыми для биотехнологического использования. Во всех жирах отмечено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (26–32%), в том числе кислот семейства омега 3 (25–26%), а также длинноцепочечных жирных кислот (29–51%). Полученные партии рыбного жира были переданы в Институт биофизики СО РАН, где с его применением были успешно синтезированы продукты биотехнологии – белок одноклеточных и разрушаемые биопластики.

Ключевые слова: жир из отходов рыбопереработки, ферментативная экстракция, гидролиз жира, окисление жира, источник углерода, микробный синтез, белок одноклеточных, разрушаемые биопластики.

O.Ya. Mezenova, S.V. Agafonova, N.Yu. Romanenko, N.S. Kalinina, V.V. Volkov

Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, 236022
e-mail: mezenova@klgtu.ru

QUALITY ASSESSMENT OF FAT EXTRACTED BY ENZYMATIC EXTRACTION FROM FISH HEADS AND PROSPECTS FOR ITS APPLICATION IN BIOTECHNOLOGY

Fish processing waste oil is a promising carbon source for the microbial synthesis of biotechnological products – polyhydroxyalkanoates and proteins. Six batches of oil were obtained and analyzed from smoked sprat and mackerel heads using optimized enzymatic extraction conditions using the proteolytic enzyme alcalase. For each batch of oil the general chemical composition, the degree of extraction based on the mass fraction of lipids relative to the raw material, hydrolysis parameters (acid number), oxidation states (peroxide and thiobarbituric acid numbers), physicochemical characteristics (unsaponifiable impurity content, water, and others), and fatty acid composition were determined. All oils demonstrated acceptable levels of hydrolysis (free fatty acids) and oxidation (peroxides and aldehydes) accumulation for biotechnological applications. All fats contained high levels of polyunsaturated fatty acids (26–32%), including omega-3 fatty acids (25–26%), as well as long-chain fatty acids (29–51%). The resulting batches of fish oil were transferred to the Institute of Biophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, where they were used to successfully synthesize biotechnology products – single-cell protein and degradable bioplastics.

Key words: fish waste oil, enzymatic extraction, fat hydrolysis, fat oxidation, carbon source, microbial synthesis, singlecell protein, degradable bioplastics.

Целью исследований была наработка и оценка качества укрупненных партий жира из вторичного жиросодержащего рыбного сырья по оптимизированным режимам ферментативного способа для обеспечения в Институте биофизики СО РАН исследований по масштабированию

экспериментальных результатов, направленных на выработку продуктов биотехнологии (биоразрушаемых пластиков и белков одноклеточных) микробным синтезом при использовании рыбного жира в качестве источника углерода.

Ранее нами были подробно изучены ферментативный, термический и комбинированный способы извлечения жира из наиболее массовых для Калининградской области отходов рыбопереработки (копченые головы кильки (*Sprattus sprattus balticus*) и головы скумбрии атлантической (*Scomber scombrus*)) [1]. По критериям полноты извлечения жира и его показателям наиболее результативные процессы получены при ферментативной обработке всех видов сырья алкалазой. Оптимизированы значения дозировок фермента, температуры и продолжительности гидролиза, которые были использованы в экспериментах представленного в настоящей статье этапа. Экстракцию жира из рыбных отходов проводили при температуре 60°С, продолжительности ферментолиза 60 мин, дозировке алкалазы 0,05% (головы копченой кильки) и 0,5% (головы скумбрии) от массы сырья [2].

По составу жирных кислот (ЖК) была установлена высокая физиологическая ценность всех жиров, но наилучшие характеристики по содержанию полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), соотношению насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (НЖК/ННЖК), длинноцепочечных ЖК и ЖК семейства ω3 имели жиры из голов копченой кильки и голов скумбрии.

При извлечении жира рыбное сырье измельчали на волчке, добавляли теплую воду для достижения соотношения рыбной массы и воды 1 : 1, рыбоводную массу тщательно перемешивали для равномерного распределения воды между частицами рыбного сырья, вносили заданное количество фермента алкалазы, помещали в шейкер с регулируемой температурой, где выдерживали по режимам ферментации. По окончании процесса смесь нагревали до температуры 85°С для инактивации фермента, выдерживали 10 мин, затем охлаждали до температуры 40°С, центрифугировали в течение 15 мин на аппарате Heraeus Megafuge 1.0 R при скорости вращения 3 500 об/мин для разделения фракций. Полученную жировую фракцию декантировали, взвешивали и подвергали исследованиям. При оценке качества жира определяли состав жирных кислот, показатели гидролитической порчи и окисления жира, а также наличие нежелательных примесей: кислотное, перекисное, тиобарбитуровое и анизидиновое числа, йодное число, число омыления, содержание неомыляемых веществ, воды, примесей нежирового характера.

В результате были получены 6 партий рыбного жира: из голов копченой кильки 3 партии общей массой 10,4 л и из голов скумбрии атлантической 3 партии общей массой 10,1 л. Обе партии были переданы в Институт биофизики СО РАН для исследований по выработке продуктов биотехнологии (полигидроксиалканоатов и белка одноклеточных).

Результаты показали, что химический состав рыбных отходов одного вида, но из различных партий, несколько отличается в основном по содержанию жира, что можно объяснить как разными сезонами вылова, так и биологическими особенностями данных видов рыбы. Головы копченой кильки наиболее жирными были в 1-й партии (23,9%, январь, 2025 г.), а наименьшее содержание жира в них отмечено в 3-й партии (19,2%, сентябрь, 2025 г.). Колебания жирности в балтийской кильке в течение года связаны с циклическими процессами метаболизма [3].

Содержание жира в головах атлантической скумбрии в использованных партиях было несколько меньше, чем в головах копченой кильки, что объясняется природой сырья и районом вылова. Скумбрия атлантическая обитает по всем регионам Атлантического океана, но чем севернее район, тем жирнее рыба. Жирность сырья голов скумбрии в настоящих экспериментах колебалась от 12,5 до 19,5% [4].

С учетом полученного химического состава рыбных голов был сделан вывод, что это сырье является перспективным для получения жира с высоким содержанием полиненасыщенных и длинноцепочечных жирных кислот, которые показали себя эффективным источником углерода в микробном синтезе продуктов биотехнологии – белков одноклеточных и биоразлагаемых пластиков – полигидроксиалканоатов [5–7].

Исследование общего химического состава жиров, извлеченных ферментативно из рыбных отходов, показало, что в качестве основных примесей присутствуют вода (0,28–0,32%), белковые вещества (2,10–2,13%) и минеральные вещества (0,64–0,86%). Массовая доля липидов составила 97,2% (жир из голов копченой кильки) и 97,0% (жир из голов скумбрии).

Показатели выхода и качества 3 партий жира, выделенного в разное время из голов копченой кильки ферментативным методом с применением алкалазы, приведены в таблице. Из дан-

ных таблицы следует, что во всех партиях в процессе извлечения жира из голов копченой кильки получены достаточно высокие показатели по выходу жира, который составил 15,9–18,8% от массы рыбы или 81,5–84,8% от массы жира в сырье.

Усредненные показатели качества жира, извлеченного из голов копченой кильки

Показатель	Жир из голов копченой кильки	Жир из голов скумбрии
Выход жира, г/100 г сырья / % от содержания жира в сырье	17,1 ± 1,7 / 83,0 ± 1,5	9,6 ± 0,7 / 70,2 ± 0,8
Кислотное число, мг КОН/г	2,0 ± 0,3	26,4 ± 2,8
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг	20,6 ± 3,2	73,3 ± 7,0
Тиобарбитуровое число, ед. опт. плотности	1,47 ± 0, 02	2,9 ± 0,28
Анизидиновое число, у. е.	22,8 ± 1,4	68,46 ± 3,3
Йодное число, г йода/100 г	139,0 ± 4,1	181,8 ± 1,4
Число омыления, мг КОН/г	187,7 ± 4,3	200,2 ± 3,3
Неомыляемые вещества, %	2,37 ± 0,25	4,2 ± 0,47
Содержание влаги, %	0,27 ± 0,04	0,46 ± 0,03
Содержание примесей нежирового характера, %	0,76 ± 0,07	2,09 ± 0,2

По степени гидролиза жира, индикатором которого является кислотное число, жир из голов копченой кильки можно отнести к качественному продукту, т. к. данный показатель (2,0 ± 0,3 мг КОН/г) не превышает уровень, установленный для пищевого жира из водных биологических ресурсов, – не более 4 мг КОН/г (ГОСТ 8714-2014 «Жир пищевой из рыбы и водных млекопитающих»). Однако перекисное число килечного жира (20,6 ± 3,2 ммоль акт. кислорода/кг жира) значительно превышает нормативный уровень безопасности, регламентированный в ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (не более 10 ммоль активного кислорода/кг жира). Это свидетельствуют об идущих интенсивных процессах накопления в жире перекисных и гидроперекисных радикалов, следствием которых является образование вторичных продуктов окисления – низкомолекулярных альдегидов, кетонов, оксикислот и других нежелательных продуктов. Об их росте свидетельствуют достаточно высокие значения тиобарбитурового числа (1,47 ± 0,02 ед. опт. плотности) и анизидинового числа (22,8 ± 1,4 у. е.), установленные во всех образцах жира всех трех партий.

Косвенным индикатором окисления жира является его йодное число, значения которого (1 139,0 ± 4,1 г йода/100 г) не достаточно высокие относительно свежего жира кильки (150–160 г йода/100 г) [4]. Полученные данные свидетельствуют о том, что двойные связи полиненасыщенных жирных кислот уже вступили во взаимодействие с кислородом, а жирные кислоты несколько потеряли свою первоначальную химическую природу, что привело к некоторому уменьшению биологической ценности жира.

Число омыления жира из голов копченой кильки во всех образцах было примерно одинаковым (в среднем 187,7 ± 4,3 мг КОН/г), соответствующим природным характеристикам килечного жира, отражающим его достаточно большую молекулярную массу [4]. Показатели содержания неомыляемых веществ (2,37 ± 0,25%), влаги (0,27 ± 0,040%), примесей нежирового характера (0,76 ± 0,07%) свидетельствуют о присутствии в полученных жирах нерастворимых примесей (фосфолипиды, свободные жирные кислоты, пигменты, углеводороды и др.), воды и других «загрязнителей». Согласно ГОСТ 8714-2014, массовая доля воды и примесей нежирового характера в пищевом жире из рыб и водных млекопитающих не должна превышать соответственно 0,5% и 0,2%. Полученные данные свидетельствуют о недостаточной чистоте жира, ферментативно выделенного из голов копченой кильки, содержащего примеси органического характера, образующиеся при ферментолизе рыбного сырья. Однако данный факт не является отрицательным для использования данного жира в качестве биотехнологического субстрата – источника углерода.

Показатели качества жира, выделенного из 3 партий голов скумбрии ферментативным методом с применением алкалазы, иллюстрируют, что во всех партиях жира, извлеченного из голов атлантической скумбрии, степень его экстракции была достаточно высокой: значения выхода жира (в % от его содержания в сырье) составили (70,2 ± 0,8)%, что превысило показатель, полученный в оптимизированных условиях ферментативной экстракции жира из данного сырья в 2024 г. (67,8%) [2–4]. Достигнутый результат еще раз подтвердил эффективность использования ферментативного способа выделения жира с применением алкалазы, а также достоверность

и воспроизводимость экспериментальных данных при всех условиях процесса, включая получение малых и укрупненных партий жира из рыбных отходов.

Показатели гидролиза и окисления жира скумбрии (КЧ и ПЧ) были значительно хуже, чем в жире из копченых голов кильки, что свидетельствует о глубоких процессах его порчи. Так, кислотное число (26,4 ± 2,8 мг КОН/г) в 6–8 раз превысило значение КЧ, регламентированное в ГОСТ 8714-2014, что свидетельствует о значительном количестве накопившихся в жире свободных жирных кислот. Следует отметить, что свободные жирные кислоты безопасны с точки зрения токсичности для живого организма, но являются прекрасной средой для окисления и накопления негативных продуктов окислительного развития. Следствием процесса окисления являются высокие значения перекисного числа во всех партиях жира (73,3 ± 7,0 ммоль активного кислорода/кг), которые также в 6–8 раз превысили установленную в ТР ТС 021/2011 норму безопасности (10 ммоль активного кислорода/кг).

О потере качества и развитии окислительных процессов в жирах скумбрии свидетельствуют очень высокие значения тиобарбитурового числа (2,9 ± 0,28 ед. опт. плотности) и анизидинового числа (68,46 ± 3,3), которые показывают накопление вторичных продуктов окисления (альдегидов, кетонов, оксикислот и др.). Их присутствие приводит к появлению постороннего запаха, некоторому изменению цвета, уменьшению биологической ценности жира.

При сравнении значений йодного числа полученных жиров скумбрии (181,8 ± 1,4 г йода/100 г) с показателями, характерными для свежего жира (190–196 г йода/100 г) [4], можно видеть их незначительное уменьшение (на 6–7%). Это свидетельствует о неплохой сохранности полиненасыщенных жирных кислот в таких высоконенасыщенных жирах, несмотря на идущие процессы окисления [3].

Пределы варьирования числа омыления жира скумбрии (200,2 ± 3,3 мг КОН/г) косвенно показывают достаточно высокие молекулярные массы исследованных жиров. Этот показатель может явиться благоприятным для их использования в микробном синтезе продуктов биотехнологии, где желательно наличие в субстрате длинноцепочечных жирных кислот [5–7].

Исследование содержания неомыляемых веществ (4,2 ± 0,47%) показало их высокое наличие во всех образцах жира, что свидетельствует как о повышенном присутствии их в природном жире, так и об образовании в процессе хранения вследствие наличия собственных активных тканевых протеолитических и липолитических ферментов [3, 4]. По этой же причине в жирах из голов скумбрии установлено повышенное количество воды (0,46 ± 0,03%) и примесей нежирового характера (12,09 ± 0,24%), что, однако, нельзя считать отрицательным фактором при использовании жира в качестве источника углерода в синтезе продуктов биотехнологии.

В наработанных укрупненных партиях жира из жиросодержащих рыбных отходов был проанализирован жирнокислотный состав. Оба жира были близки между собой по качественному составу жирных кислот (ЖК), но несколько отличались по количеству отдельных ЖК. Основной насыщенной ЖК являлась пальмитиновая (содержание в жире кильки и скумбрии соответственно 25,1 и 18,7%). Однако по содержанию моноеновых жирных кислот в образцах было установлено существенное различие: в килечном жире основная массовая доля приходилась на олеиновую кислоту (28,09%), тогда как в скумбриевом жире данной ЖК существенно меньше (13,5%). В группу моноеновых ЖК в данном жире входят также эйкозеновая ЖК (8,5%) и в повышенном количестве докозеновая ЖК (15,9%), которых очень мало в жире из голов кильки (соответственно 1,2 и 0,4%).

В обоих жирах достаточно большая доля приходилась на ЖК семейства омега-3 (в килечном и скумбриевом жирах соответственно 25,8 и 24,7%), при этом основную массу в этой группе составляла докозагексаеновая кислота (соответственно 13,7 и 15,3%), что характерно для морских рыб, обитающих в соленой воде.

С учетом полученных данных следует отметить, что оба жира обладают высоким потенциалом по содержанию биологически активных жирных кислот. Они содержат практически одинаковое количество ненасыщенных жирных кислот (66,5 и 69,2% соответственно в жирах из голов копченой кильки и скумбрии), при этом в килечном жире несколько больше полиненасыщенных жирных кислот, чем в скумбриевом (соответственно 31,6 и 26,6%). Отличительным достоинством жира из голов скумбрии является высокое количество длинноцепочечных жирных кислот (51,4%), что выгодно отличает данный жир от полученного из голов копченой кильки (28,6%).

Укрупненные партии жира, наработанные по оптимизированным режимам ферментативного способа извлечения из голов копченой кильки и из голов скумбрии атлантической, были переданы в Институт биофизики Сибирского отделения РАН. С их применением в качестве углеродного субстрата были успешно проведены процессы наработки продуктов биотехнологии – белка одноклеточных и биоразлагаемых пластиков – полигидроксиалканоатов [6, 7].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10007, https://rscf.ru/project/23-64-10007/

Литература

1. Сравнительная оценка способов извлечения из вторичного рыбного сырья жира, предназначенного для синтеза продуктов биотехнологии / *О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.С. Калинина, В.В. Волков* // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2025. – Т. 71, № 1. – С. 59–71.

2. Исследование процесса ферментативного выделения жира из вторичного рыбного сырья для использования в качестве биотехнологического субстрата / *О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.О. Жила, Н.С. Калинина, В.В. Волков, Е.Г. Киселев* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 62–73.

3. Энциклопедия «Пищевые технологии». Технологии рыбной промышленности. В 2-х ч. Ч. 1 / Отв. ред. Абрамова Л.С. – М.: Изд-во ВНИРО, 2019. – 405 с.

4. Технология жиров из водных биологических ресурсов: Монография / *Н.П. Боева, О.В. Бредихина, М.С. Петрова, Ю.А. Баскакова*. – М.: Изд-во ВНИРО, 2016. – 107 с.

3. Исследование процесса выделения жира из отходов рыбопереработки в качестве сырья для биотехнологического синтеза полигидроксиалканоатов / *О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.С. Калинина, В.В. Волков* // Вестник Международной академии холода. – 2024. – № 1. – С. 50–59. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-50-59.

4. Исследование процесса ферментативного выделения жира из вторичного рыбного сырья для использования в качестве биотехнологического субстрата / *О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.О. Жила, Н.С. Калинина, В.В. Волков, Е.Г. Киселев* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 62–73.

5. Влияние параметров ферментативного гидролиза вторичного рыбного сырья на качество и жирнокислотный состав экстрагируемых липидов / *О.Я. Мезенова, Н.О. Жила, С.В. Агафонова, Н.С. Калинина* // Известия вузов. Пищевая технология. – 2025. – № 2-3 (400). – С. 104–108.

6. Properties of degradable polyhydroxyalkanoates synthesized from newwaster fish oils (WFO) / *N.O. Zhila, E.G. Kiselev, V.V. Volkov, O.Ya. Mezenova, K.Yu. Sapozhnikova, E.I. Shishatskaya, T.G. Volova* // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24(16). – P. 1–18. DOI: 10.3390/ijms241914919

7. *Volova T., Zhila N., Sapozhnikova K. et al.* From Waste to Biopolymer: Synthesis of P(3HB-co-4HB) from Renewable Fish Oil // Journal of Renewable Materials. 2025. – Vol. 13(3). – P. 413–432. DOI: 10.32604/jrm.2024.058775.

УДК 664.951.6

В.Б. Чмыхалова

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОНЦИДСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ

Отмечена целесообразность применения фитонцидсодержащего растительного сырья (черемши) в технологии икры сельди пробойной соленой. Внесение черемши в состав икорного продукта обеспечит определенный оригинальный вкус, внесет в состав продукта дополнительное количество витаминов группы В, позволит удержать соленость продукта на минимально возможном уровне, обеспечит антисептическое действие и стабильность продукции в хранении.

Ключевые слова: фитонциды, черемша, икра сельди пробойная соленая.

V.B. Chmykhalova

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

USE OF PHYTONCIDE-CONTAINING COMPONENTS IN TECHNOLOGY OF FISH PRESERVES

The expediency of using phytoncide-containing plant raw materials (wild garlic) in the technology of herring caviar is noted. Adding wild garlic to the caviar product will provide a unique flavor, add additional B vitamins to the product, keep the salt content at a minimum and provide antiseptic properties and stability during storage.

Key words: phytoncides, wild garlic, salted herring caviar.

Икра сельди представляет собой ценный сырьевой ресурс, сбалансированный по аминокислотному составу. По содержанию белковых компонентов она превосходит мышечную ткань рыб. Содержание белка в икре находится в пределах 14–25% [1, 2]. Основным способом консервирования икры рыб является посол. Метод эффективен для непродолжительного хранения готовой продукции. Пролонгирование сроков годности соленой икры рыб в настоящее время достигается введением в состав продукта химических консервантов, доминирующим из которых является бензойнокислый натрий.

Без использования консервантов приемлемые сроки годности продукта достигаются повышением его солености, что снижает его гастрономические характеристики, делает продукт малопривлекательным для потребителя. Кроме вкусовых характеристик для потребителя важны сочетания приемлемости способа обработки и пользы от употребляемого продукта. Если способ эффективен, но его использование исключает пользу для организма человека при употреблении данного продукта, такая обработка не может быть отнесена к рациональной. Концепция здорового питания предполагает понижение солености продукта, исключение из его состава химических консервантов, что побуждает производителя к поиску альтернативных решений, которые позволят производить качественный и безопасный продукт.

С этой целью рассматриваются натуральные компоненты, вводимые в состав продукта, которые позволят пролонгировать сроки годности без использования химических консервантов.

В настоящее время существует устойчивая тенденция расширения ассортимента продуктов [3] и ведутся поиски натуральных ингредиентов растительного происхождения, обладающих консервирующим действием, что исключило бы применение химических консервантов [3]. Вве-

дение таких компонентов в рецептуру продукта позволит снизить его соленость, выпускать икру без использования химических антисептиков, придать ей новые сенсорные характеристики, благодаря чему расширится ассортимент выпускаемой продукции, будет достигнуто обогащение продукции ценными витаминными и минеральными компонентами.

Все перечисленное позволяет утверждать о целесообразности создания нового вида икорного продукта с использованием растительных материалов пищевого назначения, имеющих высокий уровень антибактериальной активности, создания безопасной продукции с высокими потребительскими характеристиками, высокой биологической и пищевой ценностью. Важно, чтобы производство такой продукции было не затратным для производителя, производственный процесс должен быть удобен и приемлем в плане его организации. В соответствии с вышеизложенным разработка такой технологии весьма актуальна [4].

При разработке новой поликомпонентной икорной продукции важен правильный подбор вносимой растительной добавки [5–7]. Важны органолептические характеристики вносимой добавки, так как сочетание специфического рыбного запаха икры с ароматическими особенностями растительного материала может повлиять на целостность восприятия вкуса и аромата созданного продукта, изменить суммарный вкусовой букет [8]. Многие виды растений являются носителями ценных компонентов. Для пролонгирования сроков годности важны антисептические, фунгицидные, антиокислительные функции. Благодаря своей полифункциональности растительные компоненты считаются барьерными материалами комплексного действия [9].

В работе нами предложено использовать черемшу как фитонцидсодержащий компонент в технологии производства соленой пробойной икры сельди.

Черемша *(Allium ursinum)* – дикорос, доступный для сбора и использования в пищевых технологиях, произрастающий в Камчатском крае. Черемша является источником аскорбиновой кислоты (в листьях до 0,73, в луковицах – до 0,10%). Среди химических компонентов в составе черемши для реализации наших задач представляют интерес фитонциды, лизоцим, минеральные соли, витамины [10].

Перспективность сельди как исходного сырья объяснима тем, что она относится к достаточно распространенным видам рыб в акватории Тихого океана, ее уловы значительны [11].

В качестве контрольного образца изготавливали икру по ГОСТ 20352–2012 «Икра рыб соленая деликатесная. Технические условия» [12] в соответствии с ТИ 82 [13] без добавления антисептика и с антисептиком.

В процессе изготовления продукции в соленую икру, приготовленную без добавления консерванта, вносили предварительно замороженную черемшу, измельченную без дефростации, тщательно перемешивали. Подготовленные образцы фасовали в полимерные банки. Перечень подготовленных образцов с содержанием в них целевой добавки приведен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень и характеристика экспериментальных образцов

Вносимая добавка	Обозначение образца	Количество добавки, % от массы продукта
Черемша	Ч1	1
	Ч2	3
	Ч3	5
	Ч4	7

Подготовленные образцы были представлены на оценку дегустаторам – сотрудникам и студентам ФГБОУ ВО «КамчатГТУ». Результаты сенсорной оценки приведены в табл. 2.

На основании полученных характеристик были построены профилограммы качества, приведенные на рисунке.

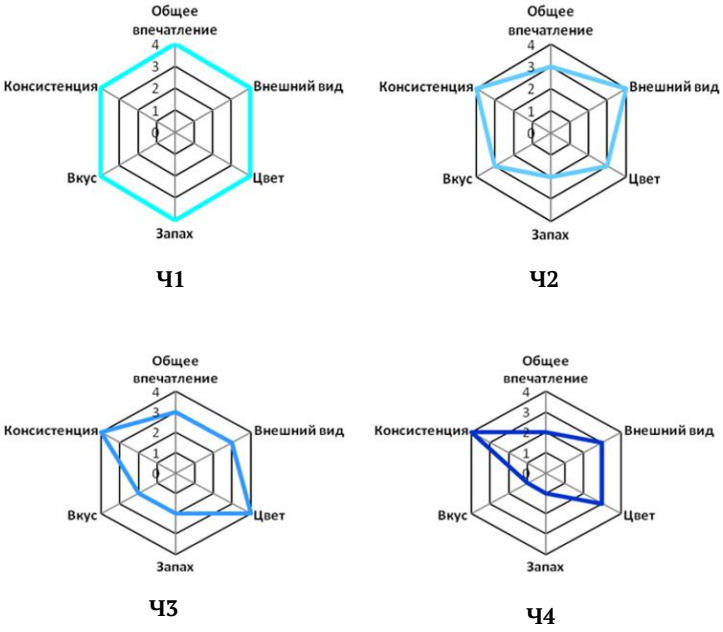
Как видно из рисунка, наиболее высокие органолептические показатели были определены у образца икры сельди пробойной соленой с добавлением черемши 1% (Ч1). Этот образец был взят нами для проведения дальнейших исследований.

В табл. 3 показана рецептура соленой икры сельди тихоокеанской с добавлением черемши.

Таблица 2

Результаты сенсорной оценки икры сельди пробойной соленой с добавлением черемши

Обозначение образца	Оцениваемый показатель			
	Внешний вид	Цвет	Вкус и запах	Консистенция
Ч1	Икра однородная по составу. Икринки целые, в массе икры просматриваются единичные включения черемши	Однородный, свойственный данному продукту с единичными включениями зеленоватого цвета, не изменяющими цвет	Свойственный данному продукту с незначительным легким чесночным оттенком, без посторонних привкусов и запахов	Однородная, мягкая, икринки разделяются
Ч2	Икра однородная по составу. Икринки целые, в массе икры просматриваются незначительные включения черемши	Однородный, свойственный данному продукту, со слабым зеленоватым оттенком	Свойственный данному продукту с ощутимым привкусом черемши, без посторонних привкусов и запахов	Однородная, мягкая, разбористая
Ч3	Икра однородная по составу. Икринки целые, в массе икры просматриваются заметные включения черемши	Однородный, с кремово-зеленым оттенком	Свойственный данному продукту с умеренным привкусом черемши, без посторонних привкусов и запахов	Однородная, мягкая, пластичная
Ч4	Икра однородная по составу. Икринки целые, в массе икры просматриваются достаточно заметные включения черемши	Однородный, во всей массе присутствует стойкий зеленый оттенок	Свойственный данному продукту с интенсивным, доминирующим привкусом черемши, без посторонних привкусов и запахов	Однородная, мягкая, жидковатая



Профилограммы качества образцов икры сельди пробойной соленой с добавлением черемши

Таблица 3

Рецептура икры сельди пробойной соленой с добавлением черемши

Рецептурный компонент	Икра без пролонгирующих срок годности добавок – образец К1	Икра с добавлением	
		БКН (натрия бензоата) – образец К2	черемши – образец Ч1
Икра сельди пробойная соленая, г	96,0	96,0	99,0
Масло подсолнечное, г	4,0	4,0	–
Натрия бензоат (БКН), г	–	0,1	–
Черемша, г	–	–	1

В ходе исследования был определен общий химический состав подготовленных образцов икры (табл. 4).

Таблица 4

Общий химический состав образцов икры сельди пробойной соленой

Показатель	Обозначение образца продукции		
	К1	К2	Ч1
Массовая доля хлорида натрия, %	5,5	5,5	5,6
Массовая доля воды, %	66,0	66,0	67,6
Массовая доля белка, %	28,0	28,0	27,6
Массовая доля липидов, %	1,9	1,9	1,7

Приведенные данные (табл. 4) демонстрируют большее влагосодержание экспериментального образца, что объяснимо ввиду внесения определенной доли влаги вместе с растительной добавкой – черемшой.

В ходе проведения исследований нами было определено содержание витаминов в экспериментальном образце. Содержание витаминов в контрольном образце было взято из литературных источников и использовано для сравнения с полученными данными, установленными для разработанной продукции (табл. 5) [14].

Таблица 5

Содержание в образцах икры сельди пробойной соленой

Витамин	Обозначение образца продукции	
	К1 (по литературным данным [15])	Ч1
B_1 (тиамин)	0,67	0,77
B_2 (рибофлавин)	0,22	0,30
РР (никотиновая кислота)	0,70	0,76

Приведенные данные (табл. 5) демонстрируют большее содержание витаминов в икре сельди пробойной соленой с добавкой черемши. Таким образом, введение в рецептурный состав продукта черемши позволит дополнительно обеспечить потребителя некоторым количеством витаминов группы В.

При исследовании стабильности продукции в хранении нами были определены микробиологические показатели икры в соответствии с ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» [15] и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [16]. Значение КМАФАнМ не должно превышать 2×10^5 КОЕ/г. Результаты определения приведены в табл. 6.

Таблица 6

Изменение КМАФАнМ образцов икры сельди пробойной соленой в процессе хранения при температуре минус 6°С

Продолжительность хранения, сут	Обозначение образца продукции		
	К1	К2	Ч1
0	$3,4 \times 10^4$	$3,6 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$
10	$4,2 \times 10^4$	$3,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$
20	$5,4 \times 10^4$	$3,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^5$
30	$7,7 \times 10^4$	$4,1 \times 10^3$	$4,0 \times 10^5$
40	$9,1 \times 10^4$	$4,6 \times 10^3$	$4,4 \times 10^5$
50	$9,8 \times 10^4$	$4,8 \times 10^3$	$4,9 \times 10^5$
60	$1,7 \times 10^5$	$5,2 \times 10^3$	$5,2 \times 10^5$

Как видно из табл. 6, значение КМАФАнМ для всех образцов икры на протяжении контрольного периода хранения при температуре минус 6°С оставалось в пределах допустимого с большим запасом. Примечательно, что регистрируемый показатель у экспериментального образца коррелирует с аналогичным у контрольного образца, приготовленного с добавлением хи-

мического консерванта – БКН (К2). Фитонцидсодержащие компоненты сырья оказывают бактерицидное и антисептическое действие и обеспечивают стабильность продукции в хранении в течение регистрируемого периода.

В результате проведенных исследований была разработана рецептура новой соленой продукции – икры сельди пробойной соленой с фитонцидсодержащим растительным компонентом – черемшой. Новая продукция обладает оригинальными вкусо-ароматическими характеристиками, ее изготовление не предполагает внесение химических консервантов, обеспечивающих стабильность продукции в хранении. По результатам сенсорной оценки образцов выбрана оптимальная дозировка черемши – 1% к массе икры. Добавка фитонцидсодержащего материала показала, что продукция стабильна в хранении в течение 8 сут, демонстрирует соизмеримые с образцом, содержащим бензоат натрия, показатели КМАФАнМ.

Внесение черемши позволило поддержать соленость на минимально возможном уровне, добавить в продукцию дополнительное количество витаминов группы В.

Литература

1. *Блинова А.Ю.* Современные тенденции производства соленой продукции // Рыбное хозяйство. – 2001. – № 5. – С. 48–50.

2. Данные о химическом составе зрелой икры тихоокеанской сельди / *В.А. Степанова, А.А. Огородникова и др.* // Исследования по технологии рыбных продуктов: Сб. ТИНРО. – 1981. – Вып. 9. – С. 45–49.

3. Техническая микробиология рыбных продуктов / *Е.Н. Дутова, М.М. Гофтариш, И.И. Призренова и др.*; под ред. Е.Н. Дутовой. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 271 с.

4. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.government.ru/media/2012/4/26/49762/file/ 559_pril.doc (дата обращения: 14.02.2026).

5. *Кузнецова А.А.* Разработка технологии кулинарной продукции из рыбного и молочного сырья с использованием биомодифицированной соевой окары: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2012. – 24 с.

6. *Прокопец Ж.Г.* Обоснование и разработка технологии продуктов из гидробионтов с регулируемой пищевой ценностью: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Владивосток, 2002. – 27 с.

7. *Скрипко О.В.* Научно-практические основы технологий продуктов питания поликомпонентного состава с использованием сои: Автореф. дис. … д-ра техн. наук. – Владивосток, 2009. – 47 с.

8. Биотехнология морепродуктов / *Л.С. Байдалинова, А.С. Лысова, О.Я. Мезенова и др.* – М.: Мир, 2006. – 560 с.

9. Барьерная технология гидробионтов: Учебное пособие / *Г.Н. Ким, Т.М. Сафронова, О.Я. Мезенова и др.*; под ред. Т.М. Сафроновой. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 336 с.

10. *Сметанин А.С., Богоявленский В.Ф.* Примечательные растения из природной флоры Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во ГУП ИПК Дальпресс, 2000. – 212 с.

11. *Фадеев Н.С.* Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. – 366 с.

12. ГОСТ 20352–2012. Икра рыб соленая деликатесная. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 13 с.

13. Инструкция по изготовлению икры соленой «Деликатесная» // Сборник технологических инструкций по обработке рыбы / Под ред. А.Н. Белогурова и М.С. Васильевой. – Т. 2. – М.: КолосС, 2003. – С. 404–412.

14. Технология переработки рыбы и морепродуктов: Учебное пособие / *Г.И. Касьянов, Е.Е. Иванова и др.* – Ростов-на-Дону: Изд-во Март, 2001. – 416 с.

15. ТР ЕАЭС 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции. Технический регламент Евразийского экономического союза. – 77 с.

16. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза. – 242 с.

УДК 664.956:594.5

В.Б. Чмыхалова, В.С. Терехина

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ГОЛОВОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ

Отмечена целесообразность применения барьерных покрытий на основе гидроколлоидов для обеспечения устойчивости сушеной продукции в хранении. Показано, что наличие защитного барьерного покрытия на основе пищевого материала и его толщина на поверхности продукта влияют на хранимоспособность готовой продукции.

Ключевые слова: барьерные покрытия, кальмар, сушеная продукция, головоногие моллюски.

V.B. Chmykhalova, V.S. Terekhina

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

USE OF BARRIER COATINGS IN TECHNOLOGY OF DRIED CEPHALOPOD PRODUCTS

The expediency of using barrier coatings based on hydrocolloids to ensure the stability of dried products during storage has been noted. It has been shown that the presence of a protective barrier coating based on a food material and its thickness on the product surface affect the shelf life of the finished product.

Key words: barrier coatings, squid, dried products, cephalopods.

Снеки, изготовленные из кальмара, в настоящее время являются одними из самых востребованных и популярных. Наращивание их производства обусловлено значительными объемами добычи моллюска. Годовая добыча кальмара находится в пределах 1–1,2 млн т [1].

Технология консервирования кальмара предусматривает различные способы: замораживание, тепловую стерилизацию, дегидрирование. Именно высушивание кальмара позволило перейти от способа сохранения его до обработки к технологии самостоятельного пищевого продукта. Достоинство кальмара как пищевого объекта заключается в том, что он является носителем таких ценных нутриентов, как содержащий все незаменимые аминокислоты белок, а также витамины и минералы [1].

Используемая в России в настоящее время традиционная технология производства сушеного кальмара предполагает его мойку, разделку, удаление кожного покрова, посол, дегидрирование, обжарку (эта операция выполняется по желанию производителя), смешивание с усилителем вкуса, корректировку влажности, упаковывание. Сушат моллюск в режиме полугорячей сушки, при температуре, не превышающей 65°С, до итоговой влажности не более 30%.

В настоящее время итоговые сроки годности устанавливает предприятие-изготовитель. При температуре от 2 до минус 2°С и относительной влажности воздуха 60% срок годности в среднем составляет до 2 мес [2].

Названные условия не являются оптимальными. При колебаниях относительной влажности воздуха при хранении готовой продукции изменяется ее влагосодержание. В зависимости от параметров возникших колебаний происходит увеличение массы продукта за счет сорбции влаги из окружающей среды или потеря массы в результате усушки. Все перечисленные нарушения влияют на изменение качественных характеристик продукта.

Рассматривая степень убыли массы продукта при хранении, пользовались документом «Нормы естественной убыли рыбы и рыбных продуктов при хранении на складах и базах различных торговых предприятий и предприятий общественного питания». В названном документе предельно возможное значение снижения массы продукта при хранении, которое приемлемо для данного продукта, составляет 0,08%. На уменьшение массы продукта при хранении влияют различные факторы, но общей тенденцией является прогрессирующее снижение массы, зависящее от продолжительности хранения. Существует тенденция увеличения размера убыли массы продукции при длительном ее хранении. Например, в приведенном документе отмечается, что при длительном хранении – более 3 сут – потеря массы в сутки может достигать 0,06% (табл. 1). Этот процесс затрагивает и другие аспекты потребительских свойств продукта – ухудшаются сенсорные показатели. Показательно увеличение твердости, жесткости. Это делает материал плохо разжевываемым, что ограничивает спектр потребителей снеков – исключаются дети, пожилые люди, лица, имеющие нарушения целостности жевательного аппарата.

Таблица 1

Показатели естественного снижения массы рыбных продуктов при хранении [3]

Нормы естественной убыли, % (круглый год) в зависимости от территориального размещения	Продолжительность хранения, сут			
	1	2	3	Увеличение размера убыли в сутки при длительности хранения более 3 сут (до 30)
Первая климатическая зона	0,03	0,04	0,05	0,005
Вторая климатическая зона	0,03	0,04	0,05	0,005
Третья климатическая зона	0,06	0,07	0,08	0,006

Кроме изменения массы при хранении продукта нежелательными являются такие процессы, как возрастание кислотного и перекисного чисел жира, что демонстрирует интенсификацию гидролитических и окислительных изменений.

Чтобы предупредить нежелательные процессы, необходимо исключить контакт продукта с кислородом воздуха, что в традиционных технологиях обеспечивается применением полимерных упаковок с вакуумированием. Мы рассматриваем возможность использования барьерных покрытий на основе гидроколлоидов, которые создадут на поверхности продукта защитную пленку и изолируют продукт от контакта с кислородом воздуха. Такие пленки биоразлагаемы, состоят из желирующих полимеров, таких как желатин, агар, альгинат натрия и др.

Таким образом, целью работы было исследование влияния наличия на поверхности продукта пленки гидроколлоида на стабильность сенсорных, реологических, химических и физических характеристик продукта в процессе его хранения.

Задачами, поставленными к выполнению для достижения обозначенной цели, были следующие:

– проследить, изменятся ли темпы влагоотдачи продуктом после его обработки раствором агара;

– установить, как изменятся сенсорные, физические и химические характеристики материала, имеющего барьерное покрытие поверхности.

Объектом исследования в данной работе являлись дегидрированные снековые продукты из тихоокеанского и командорского кальмара.

Процедуру отбора и подготовки проб проводили в соответствии с ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» и ГОСТ 7631 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Правила приемки, органолептические методы оценки качества, методы отбора проб для лабораторных испытаний». Аналитические исследования осуществляли, руководствуясь ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [4–6].

Нами был подготовлен ряд образцов, на поверхность которых было нанесено защитное гидроколлоидное покрытие разной толщины. Параллельно готовили образец без барьерного покрытия, который в наших исследованиях являлся контрольным и использовался для сравнения.

Подготовка образцов проводилась следующим образом. Исходным материалом для проведения экспериментальной части работы было мороженое филе кальмара. По качеству данный

продукт контролировался в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51495 «Кальмар мороженый. Технические условия» [7]. Мороженый продукт размораживали, выкладывая на поверхность столов и выдерживая при температуре окружающего воздуха не выше 20°С до 8 ч. Окончание размораживания контролировали по достижении распада блока на отдельные филе. Подготавливая филе к дальнейшей обработке, его промывали проточной водой температурой не выше 15°С, оставляли на 15–17 мин на сетчатой поверхности до окончания стекания капельной влаги. Перед посолом филе порционировали на полоски шириной 1 см, после чего погружали в тузлук плотностью 1,16 г/см^3. Указанная плотность соответствует 20%-ной концентрации солевого раствора. Готовили тузлук, растворяя в 1 л питьевой воды 230 г пищевой соли. Выдержку филе в солевом растворе проводили 2–2,5 мин, после чего извлекали из тузлука и 17–20 мин выдерживали в решетчатой инвентарной емкости до окончания стекания капельной влаги.

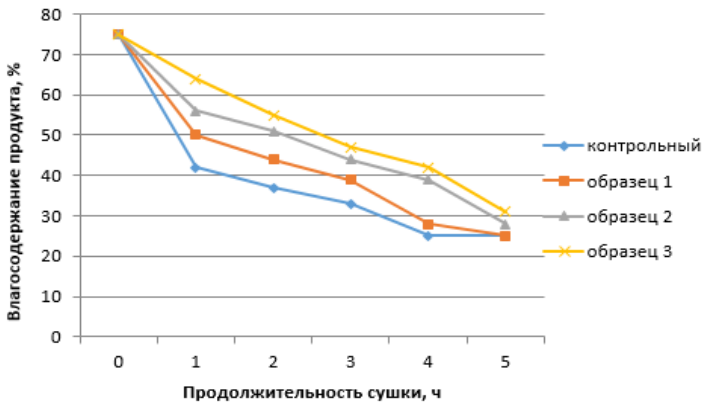
После посола материал дегидрировали, для чего его располагали на сетке в один слой, разравнивая полоски, избегая наложения соседних фрагментов друг на друга. Сетки помещали в сушильный шкаф и осуществляли обезвоживание при температуре 55°С, обеспечивая режим полугорячей сушки, характерный для нерыбных объектов промысла. Скорость циркуляции воздуха в процессе дегидрирования составляла 3–4 м/с. Процесс занимал 3,5–4 ч. Итоговым контролируемым показателем была влажность продукта, которая на момент окончания дегидрирования не должна была превышать 30%. Таким образом готовили контрольный образец.

Экспериментальные образцы готовили, нанося пленку гидроколлоида на поверхность соленого кальмара. Предполагая, что толщина гидроколлоидного покрытия повлияет на изменчивость физико-химических и реологических характеристик продукта и в итоге на его хранимоспособность, создавали слой разной толщины на поверхности образцов.

Для создания барьера готовили растворы разной вязкости. Для приготовления образца 1, на поверхности которого создавали пленку наименьшей толщины, 3 г сухого агара смешивали с 420 см^3 воды, оставляли на 1,5 ч, добиваясь разбухания порошкового агара. Разбухший коллоидный материал 10–15 мин при постоянном перемешивании темперировали на водяной бане. Окончанием процесса считали отсутствие видимых нерастворенных фрагментов агара. Во избежание желирования агара после нагрева температуру снижали до значений 47–49°С. Подготовленный полуфабрикат опускали в раствор гидроколлоида на 12–14 с, после чего выкладывали на адгезивную бумагу для закрепления барьерного покрытия.

Для приготовления образца 2 увеличивали концентрацию раствора агара и, соответственно, его вязкость. С этой целью ксерогель агара в количестве 3 г замачивали в 300 см^3 воды. Дальнейшую подготовку раствора агара и обработку им поверхности продукта проводили аналогично предыдущему образцу. Образец 3 готовили, используя раствор агара, полученный путем растворения 3 г ксерогеля агара в 210 см^3 воды. Дальнейшие действия были аналогичны проводимым при подготовке образцов 1 и 2.

Дегидрирование образцов проводили в стационарном сушильном шкафу, применяя следующие режимы процесса: скорость циркуляции воздуха в аппарате составляла 4 м/с, влагосодержание в момент окончания производственного процесса не должно было превышать 32%. Процесс сушки занимал 4 ч. Ежечасно проводили контроль влажности материала (рис.).



Динамика изменения влагосодержания образцов продукта из кальмара в процессе дегидрирования

Качество произведенной обработки устанавливали сенсорно. Поверхность продукта была чистой, ровной, не имела повреждений в виде разрывов и трещин. Мы считали этот этап предварительным в контроле показателей качества, далее следовало установление изменений физико-химических характеристик, по которым судили об эффективности проведенной работы.

Дальнейшие исследования проводили каждые 5 сут при хранении продукта в течение 25 сут. Хранение осуществляли в холодильной камере с температурой, не превышающей 5°С, не допускали подмораживания продукта.

Представленный на рисунке график наглядно демонстрирует двухэтапность процесса, когда оба этапа имеют разную динамику. Если в первый период, когда удаляется осмотически удерживаемая и свободная влага, интенсивность процесса максимальна, то на втором этапе при удалении адсорбционно связанной влаги обезвоживание замедляется, и по мере достижения равновесной влажности процесс практически прекращается при названных условиях дегидрирования. Интенсивность дегидрирования зависит также от тормозящего процесс фактора – наличия барьерного пленочного покрытия. Контрольный образец, его не имеющий, демонстрирует наивысшую интенсивность обезвоживания, и его влагосодержание по окончании обработки минимально. Причем, как показали дальнейшие исследования, достигаемый барьер при использовании гидроколлоидных материалов, двусторонний. Он тормозит как дегидрирование, так и сорбцию влаги продуктом при последующем хранении. В итоге образец, погруженный в раствор агара большей концентрации, а следовательно, и большей вязкости, создающий на поверхности пленку большей толщины, к окончанию процесса обезвоживания имел более высокое влагосодержание по сравнению с контрольным образцом и образцами, обработанными раствором агара меньшей вязкости, создающим на поверхности более тонкое пленочное покрытие. Таким образом, барьерные пленки тормозят процесс дегидрирования и возможность получения значительно обезвоженных материалов, причем степень торможения зависит от толщины барьерного защитного покрытия на поверхности продукта.

Оценивая влияние обработки барьерными агентами на стабильность в хранении, контролировали как усушку – потерю массы продуктом, направленным на хранение, так и значения кислотного и перекисного чисел жира, демонстрирующих степень гидролиза и окисления жира продукта. Эти нежелательные изменения во многом зависят от контакта продукта с кислородом воздуха, чего, как мы предполагали, можно избежать, используя барьерные пленки.

Проводя исследования, мы контролировали названные выше показатели на 5-, 15- и 20-е сутки хранения. Результаты исследований приведены в табл. 2, данные которой показывают преимущества наличия защитной пленки гидроколлоида на поверхности продукта. Показательно, что меньшая степень нежелательных процессов зафиксирована нами у образца 3, имеющего покрытие поверхности большей толщины. По сравнению с контрольным образцом такие показатели как усушка, величины кислотного и перекисного чисел жира за один и тот же временной промежуток у образца 3 в два раза ниже. Таким образом, можно говорить о том, что наличие защитного покрытия поверхности и его толщина тормозят сорбционные процессы, усушку, процессы распада и окисления жира. У экспериментального образца 3 были зафиксированы наилучшие показатели при хранении.

Таблица 2

Динамика изменения качественных показателей образцов дегидрированного кальмара с разной обработкой поверхности при хранении

Наименование образца	Контролируемый показатель		
	Усушка, %	Кислотное число жира, мг КОН на 1 г жира	Перекисное число жира, % I_2
0 суток			
Контрольный образец	0	4,0	0
Образец 1	0	4,0	0
Образец 2	0	4,0	0
Образец 3	0	4,0	0
5 суток			
Контрольный образец	0,1	6,0	0,03
Образец 1	0,07	4,2	0
Образец 2	0,03	4,0	0
Образец 3	0	4,0	0

Окончание табл. 2

Наименование образца	Контролируемый показатель		
	Усушка, %	Кислотное число жира, мг КОН на 1 г жира	Перекисное число жира, % J_2
10 суток			
Контрольный образец	0,8	6,9	0,07
Образец 1	0,05	4,5	0,02
Образец 2	0,01	4,3	0,01
Образец 3	0	4,0	0
20 суток			
Контрольный образец	1,2	8,2	0,1
Образец 1	0,9	5,3	0,08
Образец 2	0,1	4,7	0,06
Образец 3	0,01	4,1	0,05

В своем исследовании мы предприняли попытку уйти от традиционного способа изоляции продукта от контакта с окружающей средой – использования полимерных упаковочных материалов. Вместо этого мы применили биоразлагаемое пищевое барьерное защитное покрытие, вносящее в рацион потребителя пищевые волокна, безопасное, технологически эффективное.

Предложено применение агара для создания барьерной пленки на поверхности продукта, что незначительно изменит длительность процесса высушивания, но обеспечит защиту продукции от контакта с кислородом воздуха при хранении, предупредит процессы распада и окисления липидов и обогатит продукт балластными полисахаридами.

Литература

1. *Несис К.Н.* Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. – М.: Наука, 1985. – 285 с.

2. Кальмар сушеный. Технические условия: ГОСТ 32002–2012. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

3. Об утверждении норм естественной убыли продовольственных товаров в сфере торговли и общественного питания: Приказ Минпромторга России от 01.03.2013 г. № 252 (Зарегистрировано в Минюсте России 05.04.2013 г. № 27999).

4. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб: ГОСТ 31339–2006. – М.: Стандартинформ, 2007. – 14 с.

5. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей: ГОСТ 7631–2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

6. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа: ГОСТ 7636–85. – М.: Стандартинформ, 2010. – 124 с.

7. Кальмар мороженый. Технические условия: ГОСТ Р 51495–99. – М.: Стандартинформ, 2010. – 10 с.

УДК 664.951:663.34

В.Б. Чмыхалова, С.М. Чугункова

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ИЗ ГИДРОБИОНТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ СОИ

Отмечена целесообразность изготовления поликомпонентных продуктов из рыбного сырья различной степени дисперсности с добавлением пасты, полученной из соевых бобов в результате коагуляции. Совокупность полученных данных – ПНС, ВУС, липкость и влажность – позволяет сделать вывод о том, что исследуемый образец обладает типичными для данного вида продукции реологическими характеристиками. Показатели находятся в пределах, обеспечивающих стабильность структуры и требуемые технологические свойства пасты. Подобрана оптимальная дозировка вносимого соевого компонента, определены структурно-механические характеристики для образца оптимального состава.

Ключевые слова: поликомпонентные продукты, филе минтая, соевая паста, дегустация, структурно-механические характеристики.

V.B. Chmykhalova, S.M. Chugunkova

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: chmykhalovav@mail.ru

TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A MULTICOMPONENT COMPOSITION FROM HYDROBIONTS WITH THE ADDITION OF SOY

The expediency of manufacturing polycomponent products from fish raw materials of various degrees of dispersion and soy paste obtained from soybeans as a result of coagulation is noted. The totality of the data obtained – PNS, VUS, stickiness and humidity – allows us to conclude that the test sample has rheological characteristics typical for this type of product. The indicators are within the limits that ensure the stability of the structure and the required technological properties of the paste. The optimal dosage of the introduced soy component was selected, the structural and mechanical characteristics for the sample of the optimal composition were determined.

Key words: polycomponent products, pollock fillet, soy paste, tasting, structural and mechanical characteristics.

В настоящее время ввиду востребованности качественных в пищевом отношении и недорогих продуктов питания возникает проблема поиска новых сырьевых источников, способных обогатить традиционный продукт ценными нутриентами, обеспечивающими приемлемую стоимость конечного продукта. В настоящее время возникают определенные трудности производства продуктов, имеющих одновременно ценный состав и приемлемую стоимость из-за высокой исходной стоимости рыбного сырья [1–3].

Поиск доступных добавок, позволяющих регулировать состав продукта, обеспеченность его ценными нутриентами, с помощью которых возможно производство продуктов заданного состава с регулируемой пищевой и биологической ценностью, весьма актуален.

Одним из перспективных и доступных сырьевых источников являются соевые бобы. Они содержат в составе полноценный белок, углеводные компоненты (ди-, три-, тетра- и полисахариды), биологически активные вещества (фосфолипиды, энзимы), комплекс витаминов (РР, витамины группы В, токоферол, холин и др.) [4]. Использование соевых бобов позволяет получить продукт оптимального состава, приемлемый по ценовому диапазону, с хорошими сенсорными характеристиками. Производство таких продуктов можно рассматривать как получение нового пищевого комплекса, расширяющего ассортимент уже существующей продукции аналогичного

назначения, улучшение сенсорных и реологических параметров традиционных продуктов, дополнительное внесение ценных нутриентов. Замена части дорогого сырья позволит регулировать цену продукта без снижения показателей пищевой и биологической ценности.

В ходе выполнения работы нами были поставлены и решались следующие задачи:

– получить соевый компонент в приемлемой для внесения в состав фаршевого рыбного продукта форме;

– проанализировать влияние вносимой добавки на сенсорные, физико-химические, реологические характеристики разрабатываемого продукта;

– установить влияние дозировки вносимого соевого компонента на перечисленные характеристики готового продукта;

– установить оптимальную степень измельчения ингредиентов, обеспечивающую наилучшие сенсорные показатели продукта;

– разработать рецептуру фаршевого рыбного продукта с добавкой сои.

Для проведения исследований использовали пасту, приготовленную из соевых бобов следующим образом. Соевые бобы промывали проточной водой с температурой не выше 15°С и замачивали в воде с той же температурой на 10 ч для набухания. По окончании набухания бобы вместе с поглощенной влагой измельчали с помощью микс-машины и пропускали через фильтрующую сетку для отделения окары от соевого молока. Собранное соевое молоко нагревали до кипения, после чего в него вносили раствор коагулянта, которым являлся 0,25%-ный раствор лимонной кислоты. Количество добавляемого раствора коагулянта устанавливали визуально, оценивая качество и дисперсность образующегося творожистого сгустка. В ходе створаживания добивались получения грубодисперсного сгустка в максимально возможном количестве, легко отделяемого впоследствии от сыворотки. Для отделения от сыворотки проводили фильтрацию массы с помощью емкостей с ситообразным дном, после чего массу оставляли на 4–5 ч для самопрессования. Температура воздуха в помещении, где проводилась выдержка массы, не превышала 15°С. По завершении процесса самопрессования дополнительно прессовали вручную путем надавливания плоской поверхностью на поверхность сгустка, тем самым завершая отделение сыворотки от коагулята. Полученный монолитный брикет сгустка разбивали блендером, добиваясь получения пастообразной массы.

В качестве фаршевой основы использовали филе минтая, которое соответствовало требованиям ГОСТ 3948–2016 «Филе рыбы мороженое. Технические условия» [5]. Филе предварительно бланшировали в воде при температуре 90–100°С в течение 10 мин. Часть бланшированного полуфабриката пропускали с помощью мясорубки через решетку с диаметром отверстий 3,5 мм, обеспечивая грубое измельчение, другую часть – через решетку с размером отверстий 0,5 мм для получения тонко измельченной массы. К подготовленной массе добавляли соль пищевую 0,5% от массы фарша, перец черный – 0,2%, чеснок – 1%, лук обжаренный – 10%. Таким образом был подготовлен рыбный фарш, который смешивали с соевой пастой.

В ходе исследования были подготовлены 5 образцов продукции:

– контрольный – соевая паста без добавок;
– смесь рыбного фарша грубого измельчения и соевой пасты в количестве 20%;
– смесь рыбного фарша грубого измельчения и соевой пасты в количестве 30%;
– смесь рыбного фарша тонкого измельчения и соевой пасты в количестве 20%;
– смесь рыбного фарша тонкого измельчения и соевой пасты в количестве 30%.

Подготовленные образцы прошли дегустацию в лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств». Дегустаторами были сотрудники ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» и студенты университета. Оценку образцов проводили по пятибалльной шкале, где максимальный балл соответствовал наилучшим предпочтениям дегустатора. Результаты дегустации обобщены в табл. 1 и на рисунке.

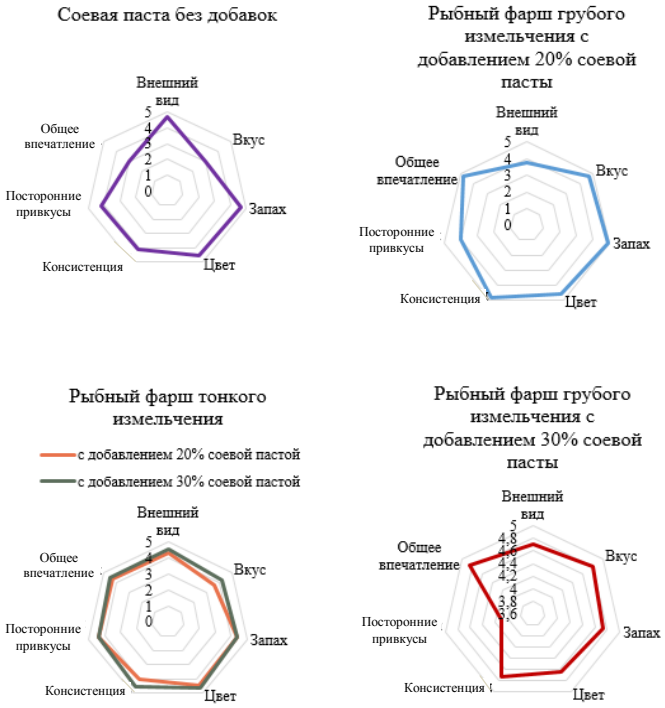
На основании приведенных данных были построены профилограммы, объясняющие предпочтения дегустаторов и последующий выбор нами оптимального сочетания компонентов.

В результате дегустации по совокупности отдельных оцениваемых показателей и в целом, по общему восприятию, лучшие характеристики получил образец, изготовленный из грубоизмельченного фарша с добавлением 30% соевой пасты. С этим образцом в дальнейшем проводись исследования, для него были определены основные структурно-механические и физико-химические показатели (табл. 2).

Таблица 1

Результаты органолептической оценки образцов рыбных паст

Показатель	Соевая паста без добавок	Рыбный фарш грубого измельчения		Рыбный фарш тонкого измельчения	
		с добавлением 20% соевой пасты	с добавлением 30% соевой пасты	с добавлением 20% соевой пасты	с добавлением 30% соевой пасты
Внешний вид	4,67	3,75	4,70	4,30	4,60
Вкус	3,00	4,70	4,80	3,64	4,20
Запах	4,71	4,91	4,73	4,36	4,36
Цвет	4,56	4,64	4,64	4,45	4,64
Консистенция	4,11	4,82	4,73	4,00	4,55
Посторонние привкусы	4,22	4,00	4,10	4,36	4,36
Общее впечатление	3,00	4,75	4,85	4,30	4,50



Профилограммы качества образцов рыбных паст

Таблица 2

Структурно-механические характеристики образца продукции, получившего лучшую дегустационную оценку (грубоизмельченный фарш с добавлением 30% соевого компонента)

ПНС (предельное напряжение сдвига), усл. ед.	ВУС (влагоудерживающая способность), %	Липкость	Массовая доля воды, %
1,36	31,4	F = 958 Н; H = 1,68 мм	77,9

Результаты проведенных исследований структурно-механических характеристик продукта позволяют нам говорить о том, что прочностные свойства структуры продукта и его способность сопротивляться разрушению, характеризуемые показателем «предельное напряжение сдвига», достаточны для обеспечения требуемой структуры материала. Полученное значение влагоудерживающей способности дает нам представление об оптимальном показателе, создающем лучшие сенсорные ощущения. Липкость, определенная с помощью структурометра, показала оптимальное значение, при котором данный продукт положительно был воспринят в процессе дегустации, то

есть ощущение адгезионных характеристик, воспринятых дегустаторами сенсорно при приведенных характеристиках оптимально. Массовая доля воды, определенная методом высушивания на приборе ВЧМ, показала среднее значение 77,9%. Данный результат коррелирует с показателем ВУС и является стандартным для данного типа продуктов, обеспечивая необходимую сочность.

Совокупность полученных данных (ПНС, ВУС, липкость и влажность) позволяет сделать вывод о том, что исследуемый образец обладает типичными для данного вида продукции реологическими характеристиками. Показатели находятся в пределах, обеспечивающих стабильность структуры и требуемые технологические свойства пасты.

Представленные данные были получены в ходе начального этапа исследовательских работ. В дальнейшем будут рассматриваться различные варианты рецептур, разные виды добавок, после чего можно будет говорить о создании линейки поликомпонентных продуктов из гидробионтов и сои различного функционального назначения. Окончательное определение рецептур позволит говорить о снижении стоимости продукта за счет замены части дорогостоящего рыбного компонента на более приемлемый по ценовой характеристике соевый обогатитель.

Литература

1. *Лищенко В.Ф.* Мировая продовольственная проблема: белковые ресурсы (1960–2005 гг.). – М.: ДеЛи принт, 2006. – 272 с.

2. *Тюльзнер М., Кох М.* Технология рыбопереработки. – СПб.: Профессия, 2011. – 404 с.

3. Технология продуктов из гидробионтов / *С.А. Артюхова, В.Д. Богданов, В.М. Дацун и др.*; под ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. – 496 с.

4. Скрипко О.В. Научно-практические основы технологий продуктов питания поликомпонентного состава с использованием сои: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Владивосток, 2009. – 47 с.

5. ГОСТ 3948–2016. Филе рыбы мороженое. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.

УДК 006: 664.951.037.5

Л.А. Шаповалова

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО им. Н.М. Книповича), Мурманск, 183038
E-mail: shapoval@pinro.vniro.ru

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ МОРОЖЕНОЙ И ВАРЕНО-МОРОЖЕНОЙ ПИЩЕВОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Проведен анализ обеспечения межгосударственными и национальными стандартами выпуска отечественными изготовителями различных видов мороженой пищевой рыбной продукции и варено-мороженых ракообразных. Представлена классификация стандартов технических условий с учетом кодов Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности. Показано, что на сегодняшний день не все виды эксплуатируемых водных беспозвоночных являются объектами национальной стандартизации. При этом требования, предъявляемые к мороженой рыбе и мороженому филе, регламентируются избыточным количеством стандартов, которые необходимо пересматривать путем объединения и создания актуальных, отвечающих потребностям потенциальных пользователей. Для достижения оптимального баланса следует актуализировать действующие и разрабатывать новые стандарты, которые становились бы востребованными у изготовителей как важные элементы системы технического регулирования, гарантирующие не только безопасность, но и высокие потребительские свойства продукции.

Ключевые слова: мороженая пищевая рыбная продукция, варено-мороженые водные беспозвоночные, водоросли, стандарты.

L.A. Shapovalova

Polar branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanografy (PINRO named after N.M. Knipovich), Murmansk, 183038
E-mail: shapoval@pinro.vniro.ru

NATIONAL STANDARDISATION OF FROZEN AND COOKED-FROZEN FISH PRODUCTS

A comprehensive analysis was conducted to assess the provision of interstate and national standards for the production of various types of frozen fish products and cooked-frozen crustaceans by domestic manufacturers. A classification of technical specifications is presented, taking into account the codes of the Russian Classification of Products by Economic Activity (OKPD). It is demonstrated that, at present, not all exploited aquatic invertebrate species are subjects of national standardisation. Concurrently, the requirements for frozen fish and frozen fillets are governed by an excessive number of standards; these should be revised by consolidating and developing updated versions that meet the requirements of potential users. To achieve an optimal balance, it is necessary both to update existing standards and to develop new ones that meet manufacturers' demands, as they are a crucial component of the technical regulation system, ensuring not only safety but also high consumer properties.

Key words: frozen fish products, cooked-frozen aquatic invertebrates, algae, standards.

Наибольшую долю в общем объеме выпускаемой отечественными изготовителями пищевой рыбной продукции из водных биологических ресурсов составляет мороженая и варено-мороженая пищевая рыбная продукция. Учитывая тот факт, что в рамках технического регулирования под мороженой пищевой рыбной продукцией подразумеваются рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, в том числе продукция из них, подвергнутые процессу замораживания до температуры в толще продукта не выше минус 18°С, а водные беспозвоночные, водоросли и другие водные растения перед замораживанием предварительно могут быть проварены, и это уже будут варено-

мороженые водные беспозвоночные, водоросли и другие водные растения, видовой состав мороженой пищевой рыбной продукции чрезвычайно разнообразен. Это, в свою очередь, приводит к тому, что требования не ко всем категориям мороженой и варено-мороженой продукции стандартизированы на национальном уровне. В то же время применительно к мороженой рыбе и мороженому филе рыбы количество стандартов технических условий избыточно, поэтому они могут быть укрупнены путем разработки объединенных стандартов.

Необходимость стандартизации требований к мороженой пищевой рыбной продукции и варено-мороженым водным беспозвоночным, водорослям в настоящее время во многом диктуется формированием доказательной базы технических регламентов ЕАЭС (ТС), реализацией программ ее закупок для государственных и муниципальных нужд, а также содействием российской рыбной промышленности в условиях внешнего санкционного давления путем снижения издержек на разработку и внедрение собственных документов по стандартизации изготовителя.

В качестве объектов исследования использованы межгосударственные, действующие в Российской Федерации в качестве национальных, и национальные стандарты, устанавливающие требования к мороженой пищевой рыбной продукции и варено-мороженым водным беспозвоночным. Стандарты классифицированы по группам продукции в соответствии с кодами входящего в состав национальной системы стандартизации Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2). Систематизация требований стандартов технических условий проведена с учетом норм и принципов технического регулирования, межгосударственной и национальной стандартизации, надлежащей производственной практики морской и береговой переработки водных биоресурсов.

На сегодняшний день на национальном уровне стандартизированы требования к таким группам мороженой и варено-мороженой продукции, как рыба мороженая, филе рыбы мороженое, фарш рыбный пищевой мороженый, мороженые и варено-мороженые ракообразные (креветка, краб, мясо криля), мороженые моллюски (кальмар, каракатица, филе морского гребешка, мясо брюхоногих моллюсков), а также мороженые водоросли (морская капуста). Стандарты на указанные виды продукции либо входят в утвержденный Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 19 июля 2022 г. № 107 перечень стандартов, в результате применения которого на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (далее – ТР ЕАЭС 040/2016), либо они будут добавлены в перечень при очередной его актуализации. Всего предусмотрено стандартов технических условий: межгосударственных (ГОСТ) – 21, национальных (ГОСТ Р) – 4.

При этом мороженую рыбу можно выпускать по 11 стандартам, мороженое филе рыбы – по 5, мороженый фарш рыбный пищевой – по 1, мороженые и варено-мороженые ракообразные – по 3, мороженые моллюски – по 4 и мороженые водоросли – по 1 (таблица).

Классификация стандартов на мороженую и варено-мороженую продукцию по видам кодов ОКПД 2

№	Код вида продукции	Наименование вида продукции	Наименование ГОСТ/ГОСТ Р
1	10.20.13	Рыба мороженая	ГОСТ 1168-86 Рыба мороженая. ТУ (на территории РФ для продукции, поставляемой по государственному оборонному заказу)
2			ГОСТ 17660-97 Рыба специальной разделки мороженая. ТУ
3			ГОСТ 17661-2013 Макрель, марлин, меч-рыба, парусник и тунец мороженые. ТУ
4			ГОСТ 21311-2023 Рыба хрящевая мороженая. ТУ
5			ГОСТ 21607-2021 Наборы рыбы для ухи мороженые. ТУ
6			ГОСТ 32342-2013 Лососи тихоокеанские с нерестовыми изменениями мороженые. ТУ
7			ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. ТУ
8			ГОСТ 32744-2014 Рыба мелкая мороженая. ТУ
9			ГОСТ 32910-2014 Сельдь мороженая. ТУ
10			ГОСТ 34190-2017 Субпродукты рыбы мороженые. ТУ
11			ГОСТ Р 51493-99 Рыба разделанная и неразделанная мороженая. ТУ

Окончание табл.

№	Код вида продукции	Наименование вида продукции	Наименование ГОСТ/ГОСТ Р
12	10.20.14	Филе рыбное мороженое	ГОСТ 3948-2016 Филе рыбы мороженое. ТУ
13			ГОСТ 32006-2012 Филе трески без кожи подпрессованное мороженое. ТУ
14			ГОСТ 33282-2024 Филе рыбы мороженое для детского питания. ТУ
15			ГОСТ 34813-2021 Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». ТУ
16			ГОСТ Р 51494-99 Филе из океанических и морских рыб мороженое. ТУ
17	10.20.15	Мясо рыбы (включая фарш) мороженое	ГОСТ Р 55505-2013 Фарш рыбный пищевой мороженый. ТУ
	10.20.16	Печень и молоки рыбы мороженые	–
18	10.20.31	Ракообразные мороженые	ГОСТ 20845-2022 Креветки мороженые. ТУ
19			ГОСТ 33802-2016 Крабы мороженые. ТУ
20			ГОСТ 34203-2017 Мясо криля мороженое. ТУ
21	10.20.32	Моллюски мороженые, сушеные, соленые или в рассоле, копченые	ГОСТ 20414-2011 Кальмар и каракатица мороженые. ТУ
22			ГОСТ 30314-2006 Филе морского гребешка мороженое. ТУ
23			ГОСТ 33286-2015 Мясо брюхоногих моллюсков охлажденное и мороженое. ТУ
24			ГОСТ Р 51495-99 Кальмар мороженый. ТУ
25	03.11.63	Водоросли морские и прочие, не являющиеся продукцией рыбоводства	ГОСТ 31583-2012 Капуста морская мороженая. ТУ
	03.21.43	Водоросли морские, являющиеся продукцией рыбоводства	

Примечательно, что все стандарты на мороженую рыбу, за исключением стандарта ГОСТ 21311-2023 на хрящевую рыбу мороженую, разработаны и введены в действие до принятия ТР ЕАЭС 040/2016, поэтому они требуют актуализации для приведения в соответствии с данным техническим регламентом, а также иными взаимосвязанными с ним техническими регламентами: ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее – ТР ТС 021/2011), ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (далее – ТР ТС 029/2012). В целях сокращения неоправданного многообразия стандартов, распространяющихся на однородные виды продукции, приведения к единообразию их структуры, положений, характеристик, языковых конструкций, ранее был проведен анализ стандартов, устанавливающих требования к мороженой рыбе различных видов и семейств [1].

Показано, что требования, установленные в межгосударственном стандарте ГОСТ 32910-2014, распространяющемся на сельдь мороженую, за исключением отдельных характеристик органолептических показателей дублируют требования общего стандарта на мороженую рыбу ГОСТ 32366-2013. Область распространения стандарта на рыбу специальной разделки мороженую ГОСТ 17660-97 включает в себя только два вида разделки – тушку и кусок специальной разделки, которые можно рассматривать как производные тушки и куска, описание которых представлены в ГОСТ 32366-2013. Национальный стандарт ГОСТ Р 51493-99 «Рыба разделанная и неразделанная мороженая. Технические условия», гармонизированный в части отдельных положений со стандартом Кодекс Алиментариус – Codex Stan 36-1981 на быстрозамороженную рыбу, основан на применении нового подхода к формированию правил приемки и проведению испытаний продукции, возможности установления сроков годности предприятиями самостоятельно без привязки к стандарту, исключении сортности и чрезмерной детализации потребительских свойств мороженой рыбы. Все это осложняет использование стандарта при реализации продукции на территории единого таможенного пространства стран – участниц ЕАЭС.

В результате было принято решение о разработке межгосударственного стандарта «Рыба мороженая. Технические условия» взамен ГОСТ 32366-2013, ГОСТ 32910-2014, ГОСТ 17660-97 и на основе ГОСТ Р 51493-99, который получил обозначение ГОСТ 35273-2025. Решением 67-го заседания Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС)

ГОСТ 35273-2025 «Рыба мороженая. Технические условия» был принят. Дата его введения в действие – 01.06.2026 г. с правом досрочного применения. Основные нововведения этого стандарта касаются расширения области применения за счет включения промысловых видов сельди и новых видов разделки рыбы, приведения терминологических статей и описания видов разделки рыбы в соответствие с требованиями основополагающего стандарта ГОСТ 34884-2022 «Рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли и продукция из них. Термины и определения», конкретизации правил приемки продукции, исключения избыточных требований, устанавливающих обязательное подразделение мороженой рыбы согласно ГОСТ 1368-2003 «Рыба. Длина и масса», корректировки характеристик органолептических показателей, а также внесения пролонгированных сроков годности для отдельных видов рыбы и рыбы отдельных видов разделки.

В 2025 г. начались работы по актуализации ГОСТ 32744-2014 «Рыба мелкая мороженая. Технические условия», которые учитывают принципы формирования вышеупомянутого проекта межгосударственного стандарта на «крупную» мороженую рыбу. Требуют пересмотра действующие более 10 лет такие межгосударственные стандарты, как ГОСТ 17661-2013 «Макрель, марлин, меч-рыба, парусник и тунец мороженые. Технические условия» и ГОСТ 32342-2013 «Лососи тихоокеанские с нерестовыми изменениями мороженые. Технические условия».

Помимо требований к мороженой рыбе стандартизированы требования, предъявляемые к мороженым субпродуктам рыбы (второстепенные пищевые части, полученные при разделке рыбы) согласно ГОСТ 34190-2017 «Субпродукты рыбы мороженые. Технические условия» и мороженым наборам рыбы для ухи – ГОСТ 21607-2021 «Наборы рыбы для ухи мороженые. Технические условия».

Межгосударственный стандарт ГОСТ 32006-2012, устанавливающий требования к филе трески без кожи подпрессованному мороженому, выпускаемому в виде блока массой 6,25 кг в парафинированных или ламинированных коробках определенного размера, и национальный стандарт ГОСТ Р 51494-99, распространяющийся на филе из океанических и морских рыб мороженое для экспорта или импорта, планируются к пересмотру путем разработки нового стандарта на основе указанных стандартов и ГОСТ 3948-2016 «Филе рыбы мороженое. Технические условия». В новом стандарте следует предусмотреть актуальные виды разделки на филе с учетом производственной практики его изготовления на судах рыбопромыслового флота и на береговых предприятиях, требований стандарта ГОСТ 34884-2022 на термины и определения, современных видов упаковки, включить пролонгированные сроки годности продукции. Объединение перечисленных стандартов диктуется, во-первых, узкоспециальной областью применения ГОСТ 32006-2012, а во-вторых, противоречащими требованиям основополагающих стандартов отдельными положениями ГОСТ Р 51494-99 и необходимостью актуализации уже устаревшего на сегодняшний день ГОСТ 3948-2016.

Из современных стандартов на мороженое филе рыбы следует отметить ГОСТ 34813-2021 «Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». Технические условия» и ГОСТ 33282-2024 «Филе рыбы мороженое для детского питания. Технические условия», которые необходимы для подтверждения требований и проведения идентификации изготовленного в морских условиях мороженого филе трески, пикши и сайды «Экстра» и мороженого филе рыбы для питания детей дошкольного и школьного возрастов.

Безусловно, требует скорейшей актуализации национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 55505-2013 «Фарш рыбный пищевой мороженый. Технические условия» с одновременным переводом его в статус межгосударственного, который будет применяться для подтверждения требований технического регламента ТР ЕАЭС 040/2016 при условии введения изменения, учитывающего возможность использования при изготовлении фарша пищевых добавок. В действующей редакции регламента не предусмотрено применение пищевых добавок, при том, что ГОСТ Р 55505-2013, напротив, предполагает выпуск продукции именно с пищевыми добавками, а в качестве допуска разрешает по согласованию с приобретателем выпускать мороженый рыбный фарш без пищевых добавок. Разрешено применять цитрат натрия, который выполняет роль регулятора кислотности и стабилизатора, а также пирофосфат натрия и полифосфат натрия, выступающие в качестве влагоудерживающих агентов и стабилизаторов. Современные технологии в большинстве своем ориентированы на использование пищевых добавок, что не противоречит законодательству в виде ТР ЕАЭС 029/2012.

Для стандартизации требований, предъявляемых к мороженым и варено-мороженым водным беспозвоночным, действует всего семь стандартов (см. таблицу). Незначительное, по срав-

нению с продукцией из рыбы, количество стандартов связано с более низким уровнем освоения запасов водных беспозвоночных, отсутствием общедоступных и сопоставимых данных по их использованию в качестве сырья для выпуска мороженой и варено-мороженой продукции. В то же время при наличии действующих стандартов, например, на сыро- и варено-мороженую продукцию из краба, креветки, мороженое филе гребешка, немалая часть предприятий производит продукцию по своим документам (технические условия, стандарты организаций). Связано это с тем, что предприятия и компании ориентированы на выпуск продукции экспортного назначения премиум класса, особенно это касается продукции из краба, когда требования диктует заказчик под свои конкретные задачи. При этом заинтересованные в реализации своей продукции на территории ЕАЭС ориентированы на выпуск продукции по стандартам, что свидетельствует о высоком ее качестве. В связи с этим постоянно проводятся работы по пересмотру действующих стандартов. В частности, осуществляется актуализация межгосударственного стандарта, устанавливающего требования к мороженому филе морского гребешка [2].

Перспективными видами водных беспозвоночных для стандартизации мороженой продукции на национальном уровне можно считать иглокожих, в том числе трепангов и кукумарию (кожно-мышечный мешок), морского ежа (икра), двустворчатых моллюсков – мидий, модиолуса, устриц (мясо), ракообразных – раков, добыча которых в России осуществляется не только в рамках рыболовства, но и рыбоводства (товарная аквакультура).

Ламинариевые водоросли, имеющие торговое название «морская капуста», в сыромороженом виде можно изготавливать по межгосударственному стандарту ГОСТ 31583-2012 «Капуста морская мороженая. Технические условия», применяя разделку на кусок, шинкованную или не используя разделку (слоевища). В то же время значительный сегмент мороженой продукции из водорослей занимает варено-мороженая продукция, которая не охвачена требованиями вышеупомянутого стандарта. В связи с этим при пересмотре ГОСТ 31583-2012 целесообразно расширить область применения за счет варено-мороженых водорослей семейства Ламинариевые по аналогии со стандартами ГОСТ 20845-2022 «Креветки мороженые. Технические условия», ГОСТ 33802-2016 «Крабы мороженые. Технические условия» и ГОСТ 34203-2017 «Мясо криля мороженое. Технические условия». Также документ следует привести в соответствие с требованиями отраслевого технического регламента и межгосударственной стандартизации.

В результате проведенного анализа дана оценка состояния обеспеченности выпуска различных видов мороженой пищевой рыбной продукции и варено-мороженых ракообразных межгосударственными и национальными стандартами. Установлено, что в период до 01.06.2026 г. на территории страны действует 25 стандартов технических условий, из которых 21 – это межгосударственные, действующие в Российской Федерации в качестве национальных, 4 – национальные стандарты Российской Федерации. После указанной даты количество стандартов изменится за счет введения вместо трех межгосударственных стандартов одного стандарта на мороженую рыбу с одновременным прекращением действия национального стандарта аналогичной области применения. Представлена классификация действующих стандартов с учетом кодов Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности, которая показала современный уровень стандартизации мороженой и варено-мороженой продукции. На сегодняшний день ввиду многообразия водного сырья, способов разделки и обработки не все виды эксплуатируемых водных беспозвоночных являются объектами стандартизации. В то же время на мороженую рыбу и мороженое филе распространяется избыточное количество стандартов, которые постепенно пересматриваются путем объединения и создания актуальных, отвечающих потребностям потенциальных их пользователей. Для достижения оптимального баланса в стандартизации мороженой продукции следует и актуализировать действующие, и разрабатывать новые стандарты, которые бы становились востребованными у изготовителей.

В целом следует констатировать, что применение стандартов по-прежнему остается важным элементом системы технического регулирования, гарантирующим не только безопасность, но и высокие потребительские свойства продукции.

Литература

1. *Шаповалова Л.А., Федотова М.В.* Основные аспекты актуализации межгосударственных и национального стандартов, устанавливающих требования к мороженой рыбе // Рыбохозяйст-

венный комплекс России: проблемы и перспективы развития: I Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 28–29 марта 2023 г.). – М.: ВНИРО, 2023. – С. 425–431. – EDN WPIDHW.

2. *Чупикова Е.С., Антосюк Е.В., Якуш Е.В.* Стандартизация мороженого филе морского гребешка // Рыбное хозяйство. – 2025. – № 1. – С. 121–127. – DOI 10.36038/0131-6184-2025-1-121-127. – EDN QZCMBE.

Секция 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621.18-5:629.5

С.А. Ворокосова

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: iamsoffa_pk@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОГО КОТЛА СУДНА

В данной статье рассмотрены существующие современные судовые системы отопления на основе теплового котла. Были выявлены существенные недостатки данных систем и предложены варианты дальнейшей модернизации. Введение предложенной аппаратуры позволит обеспечить безопасность модернизированной системы отопления, снизить расходы на топливо, минимизировать случаи выявления погрешности системы. Также применение модернизированных малогабаритных приборов повысит эффективность эксплуатационного контроля.

Ключевые слова: паровой котел, водотрубный котел, газотрубный котел, автоматизация котла, системы отопления судна.

S.A. Vorokosova

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: iamsoffa_pk@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SHIP`S HEAT BOILER SYSTEM

This article examines existing modern marine heating systems based on a thermal boiler. Significant deficiencies in these systems were identified, and options for further modernization were proposed. The introduction of the proposed equipment will ensure the safety of the modernized heating system, reduce fuel costs, and minimize the incidence of system errors. The use of modernized compact instruments will also improve the efficiency of operational monitoring.

Key words: steam boiler, water-tube boiler, fire-tube boiler, boiler automation, ship heating systems.

Автоматизированная система отопления на основе теплового котла на судне предназначена для обогрева жилых, служебных помещений и обеспечения других технологических нужд. На современных судах применяют водяную, паровую, воздушную и электрическую систему отопления, причем паровая система отопления часто является основной благодаря своей высокой эффективности [1].

Паровой котел – это устройство, которое преобразует тепловую энергию от сжигания топлива в пар, необходимый для судовых нужд.

По принципу организации теплообмена судовые котлы подразделяются на газотрубные и водотрубные. В газотрубном котле горячие газы движутся внутри труб, а вода окружает их снаружи. В водотрубных котлах вода и пароводяная смесь циркулируют внутри труб, а горячие газы омывают их снаружи.

Существуют также комбинированные, то есть газоводотрубные котлы, элементы поверхности нагрева которых скомпонованы по обоим принципам.

На современных судах в качестве главных энергетических установок применяются исключительно водотрубные котлы (рис. 1), обладающие большей паропроизводительностью при лучших масса-габаритных показателях. Вспомогательные котлы могут быть как водотрубными, так и газотрубными.

На рис. 1 представлена схема водотрубного котла.

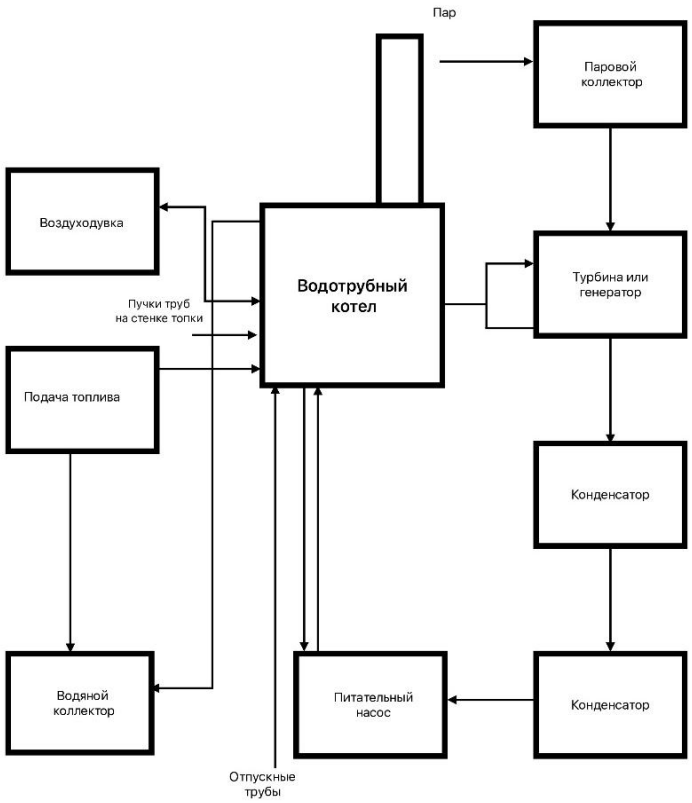


Рис. 1. Схема водотрубного котла

При рассмотрении компоновки водотрубного котла, представленной на рис. 1, можно проследить путь преобразования энергии от сжигания топлива до выработки электричества. Ключевым звеном здесь выступает сам котел, в топке которого за счет сжигания топлива, подаваемого специальной системой, выделяется тепловая энергия. Для поддержания интенсивного горения воздуходувка нагнетает в камеру сгорания кислород. Образовавшиеся горячие газы отдают свою теплоту поверхностям нагрева, представленным пучками труб. Циркуляция воды в системе обеспечивается по опускным трубам, после чего нагретая рабочая среда поступает в водяной, а затем и в паровой коллекторы, где происходит сепарация пара. Полученный пар направляется на лопатки турбины или в генератор, преобразуясь в механическую энергию вращения. Отработав в турбине, пар поступает в конденсатор, где охлаждается и переходит в жидкую фазу. Далее питательный насос обеспечивает непрерывность цикла, закачивая этот конденсат обратно в котел для последующего нагрева.

В основе устройства стандартного водотрубного агрегата лежит связка верхнего и нижнего коллекторов, соединенных между собой развитой поверхностью нагрева. Образующие ее трубы выполняют различные задачи в обеспечении теплосъема и циркуляции. Часть из них, называемая подъемными, предназначена для восприятия тепла и последующего подъема образующейся пароводяной эмульсии. Другая группа труб служит для отвода охлажденной воды в нижнюю точку системы. Третья категория труб размещена непосредственно у стен топки, формируя так называемые экраны, которые не только увеличивают площадь тепловосприятия, но и предотвращают разрушение обмуровки от высоких температур.

Для обеспечения безопасной и эффективной работы современный водотрубный котел оснащается комплексной системой автоматизации, которая на сегодняшний день не удовлетворяет требованиям современных автоматизированных систем. Во-первых, в современных судах уста-

новленная система автоматизации не соответствует требованиям безопасности. Во-вторых, установленные первичные преобразователи выдают погрешность. Также существующие системы имеют высокие массогабаритные показатели. В условиях судна это может оказаться неприемлемым. Для обеспечения безопасности, более точных расчетов и удобства пользования, предлагается внедрить в существующую систему автоматизации следующие показатели: датчики для измерения давления, температуры (рис. 2), уровня воды, расхода топлива, сигнализирующие датчики для контроля критических значений параметров, щит управления котлом, приводы, изменяющие положение регулирующих органов (заслонки, клапаны, регуляторы подачи топлива).

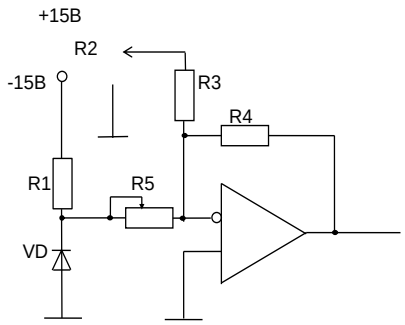


Рис. 2. Датчик температуры

На рис. 2 представлен датчик температуры.

Предлагаемая система будет обладать следующими преимуществами [2]:

1. Осуществление непрерывного контроля давления и температуры пара, уровня воды в коллекторе, температуры уходящих газов, давления топлива и воздуха.
2. Реализация автоматизированной системы, обеспечивающей заданный порядок действий горелочного модуля в процессе его активации и эксплуатации.
3. Поддержание заданных параметров (например, давления пара) путем изменения подачи топлива, воздуха и воды.
4. Аварийный останов котла при выходе критических параметров за установленные пределы (низкий уровень воды, высокое давление пара, погасание факела).
5. Световая и звуковая сигнализация при отклонении параметров с функцией запоминания «первопричины» аварии для последующего анализа.

Подводя итог вышесказанному, следует подчеркнуть, что интеграция водотрубных котлов с высокоточными автоматизированными комплексами формирует качественно иной уровень надежности судовых энергоблоков. Подобная синергия позволяет минимизировать влияние человеческого фактора на протекание рабочих процессов и обеспечивает устойчивость функционирования силовой установки даже в нештатных режимах эксплуатации. Экономическая эффективность достигается не только за счет оптимизации сжигания топлива, но и благодаря снижению простоев, связанных с обслуживанием и внеплановыми ремонтами. Безопасность, в свою очередь, гарантируется непрерывным мониторингом критических параметров и быстродействующими системами аварийной защиты.

Литература

1. *Горелик Г.Б.* Основы автоматики и автоматизации энергетических установок: Учебное пособие. – М.: ХГТУ, 2001. – 320 с.

2. *Стенин В.А.* Автоматизация судовых ПТУ: Учебное пособие. – М.: Судостроение, 2009. – 288 с.

УДК 004.9:597:556.55(571.66)

А.К. Дрягин[1], И.Ю. Бирюков[2], Е.А. Малова[1]

[1] Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003;
[2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, 690087
e-mail: anionrus41@gmail.com

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ИХТИОФАУНЫ РЕК И ОЗЕР КАМЧАТСКОГО КРАЯ»

Статья посвящена разработке веб-карты ихтиофауны рек и озер Камчатского края. Дан краткий обзор эволюции картографии. Для создания приложения использованы HTML5, CSS3, JavaScript и библиотека Leaflet.js. Данные о видах рыб и географии водоемов хранятся в JSON и GeoJSON. Проект размещен на GitHub Pages. Реализованы интерактивный список рыб, 3D-визуализация моделей, переключение слоев рельефа. Обсуждены ограничения рабочего прототипа, связанные с хранением данных в статических файлах. Предложен план модернизации с внедрением PostgreSQL и серверной части для обеспечения сложных запросов и масштабируемости системы.

Ключевые слова: веб-картография, ихтиофауна, Камчатский край, Leaflet.js, интерактивная карта, JSON, GeoJSON, 3D-визуализация, PostgreSQL, ГИС.

A.K. Dryagin[1], I.Yu. Biryukov[2], E.A. Malova[1]

[1] Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;
[2] Far Eastern State Technical Fisheries University,
Vladivostok, 690087
e-mail: anionrus41@gmail.com

WEB APPLICATION “INTERACTIVE MAP OF ICHTHYOFAUNA OF RIVERS AND LAKES OF KAMCHATKA KRAI”

The article is devoted to the development of a web map of the ichthyofauna of rivers and lakes of Kamchatka Krai. A brief overview of the evolution of cartography is given. HTML5, CSS3, JavaScript, and the Leaflet.js library were used to create the application. Data on fish species and water body geography are stored in JSON and GeoJSON formats. The project is hosted on GitHub Pages. An interactive fish list, 3D model visualization, and relief layer switching have been implemented. The limitations of the working prototype associated with storing data in static files are discussed. A modernization plan is proposed, involving the introduction of PostgreSQL and a server-side component to enable complex queries and system scalability.

Key words: web cartography, ichthyofauna, Kamchatka Krai, Leaflet.js, interactive map, JSON, GeoJSON, 3D visualization, PostgreSQL, GIS.

На протяжении всей истории человечества люди, изучая окружающий мир, задавались вопросом о своем географическом положении [1]. Первые картоподобные изображения, созданные для ориентации на местности, указания путей кочевок и мест охоты, датируются тысячелетиями до нашей эры. К ним относятся наскальные рисунки, например, одними из древнейших считаются изображения звездного неба в пещере Ласко во Франции (ок. 16500 г. до н. э.), а также планы местности, такие как настенный рисунок из Чатал-Хююка в Турции (ок. 6200 г. до н. э.), который некоторые исследователи считают планом древнего поселения. Самая известная ранняя карта мира – вавилонская глиняная табличка (ок. 600 г. до н.э.), где Земля изображена в виде круга, омываемого океаном. Туринская папирусная карта из Египта (ок. 1160 г. до н. э.) показывает горный район с шахтами и дорогами, демонстрируя высокий уровень геометрических знаний [1].

С развитием цивилизации, в связи с переселениями народов, укрупнением городов, ростом экономики и завоеваниями, карты становились сложнее и информативнее. Следующий этап переосмысления наступил в эпоху античности, когда древние греки совершили революцию в картографии, применив математический подход и доказав шарообразность Земли. В VI в. до н. э. Анаксимандр стал создателем одной из первых карт известного тогда мира, изобразив Землю в виде плоского круга. Позже Эратосфен в III в. до н. э. впервые довольно точно вычислил окружность Земли и ввел термины «география», «широта» и «долгота». Гиппарх во II в. до н. э. предложил использовать для карт сетку из меридианов и параллелей. Вершиной античной картографии стал труд Клавдия Птолемея (II в. н. э.) – «Руководство по географии», которое содержало все известные сведения о Земле и включало карты с градусной сеткой, остававшиеся авторитетными на протяжении более тысячи лет [2]. В эпоху Средневековья картография в Европе переживала упадок, так как вновь распространилось представление о плоской Земле, однако этот период привел и к новым взглядам. Появились монастырские карты типа «Т и О», на которых мир изображался в виде диска (буква О), разделенного на три части – Европу, Азию и Африку – водами в форме буквы Т (Средиземное море, реки Нил и Дон) [1, 3]. В арабской картографии в это время знания греков сохраняли и развивали арабские ученые, которые также составляли карты известного им мира. В позднем Средневековье, с развитием мореплавания, появились портоланы – очень точные навигационные карты, показывавшие береговую линию, порты и направления ветров. В эпоху Великих географических открытий и Нового времени картография обретает знакомые нам черты: необходимость в точных картах была вызвана потребностью в дальних путешествиях и фиксации новых открытий, вновь обратились к трудам Птолемея, стали появляться глобусы и атласы. Герард Меркатор (XVI в.) – величайший картограф своего времени, разработавший равноугольную цилиндрическую проекцию, которая используется в морской навигации до сих пор, и впервые употребивший слово «атлас» для собрания карт. Начало инструментальным съемкам как точной науки можно отнести к XVIII в.: в России при Петре I начались систематические инструментальные съемки, а в XIX в. военное ведомство (Корпус военных топографов) приступило к созданию точных топографических карт [4]. В современную цифровую эру повсеместно используются электронные карты для разных целей: от бытового использования до различных сфер – строительной, добывающей, охранной, научной и т. д.

Веб-приложение «Интерактивная карта ихтиофауны рек и озер Камчатского края» нацелена на отображение актуальной информации об ихтиофауне рек и озер Камчатского края, которую можно использовать в туристических или научных целях. На данный момент нет централизованной информационной карты по рекам Камчатского края.

Цель – визуализировать ихтиофауну рек и озер Камчатского края на веб-карте.

Задачи:

– анализ требований,
– выбор архитектурного стиля,
– проектирование компонентов,
– разработка структуры данных,
– выбор технологий,
– сбор биологических данных о гидробионтах рек и озер,
– заполнение базы данных,
– проверка на работоспособность.

В процессе разработки использовались:

– язык верстки «HTML5»,
– стилистические таблицы «CSS3»,
– язык программирования «JavaScript»,
– JavaScript-библиотека, предназначенная для создания интерактивных карт на веб-сайтах «Leaflet.js»,
– статический хостинг «Github pages»,
– свободная, редактируемая карта всего мира «Openstreetmaps»,
– веб-ресурс [5], предназначенный для публикации, просмотра 3D-моделей «sketchfab»,
– данные по ихтиофауне взяты из научной базы данных FishBase [6].

Интерфейс веб-приложения разработан с использованием языка разметки HTML5 и таблиц стилей CSS3. Вся интерактивная логика работы карты реализована на языке программирования

JavaScript. Для визуализации данных и создания элементов управления (масштабирование, перемещение) была подключена библиотека с открытым исходным кодом Leaflet.js. Биологические и географические данные из подготовленных файлов .json и .geojson загружаются непосредственно в браузер пользователя и отображаются на карте с помощью встроенных методов Leaflet.js (например, L.geoJSON). Для каждого объекта на карте реализовано всплывающее окно (popup), отображающее связанную с ним биологическую информацию из JSON-файла.

Для размещения проекта в интернете использован сервис статического хостинга GitHub Pages. Все файлы веб-приложения хранятся в публичном репозитории. GitHub Pages автоматически делает их доступными по постоянной ссылке, что гарантирует стабильную работу карты без необходимости поддержки серверной инфраструктуры.

В результате использования технологий: HTML5, CSS3, JavaScript, Leaflet.js, JSON, GeoJSON был создан рабочий прототип веб-приложения «Интерактивная карта ихтиофауны озер и рек Камчатского края» (рис. 1). Ознакомиться можно по ссылке sozenishe.github.io

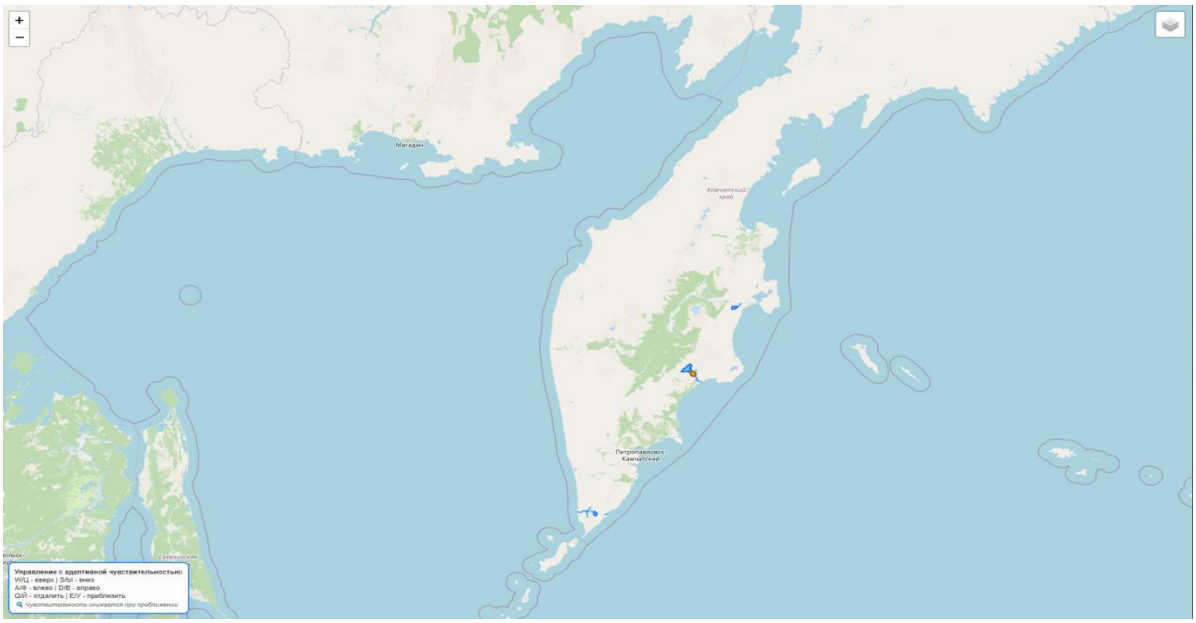


Рис. 1 Общий вид интерактивной карты ихтиофауны озер и рек Камчатского края

Интерактивное меню (рис. 2) было создано с использованием технологий HTML5, CSS3, JavaScript, Leaflet.js, JSON.

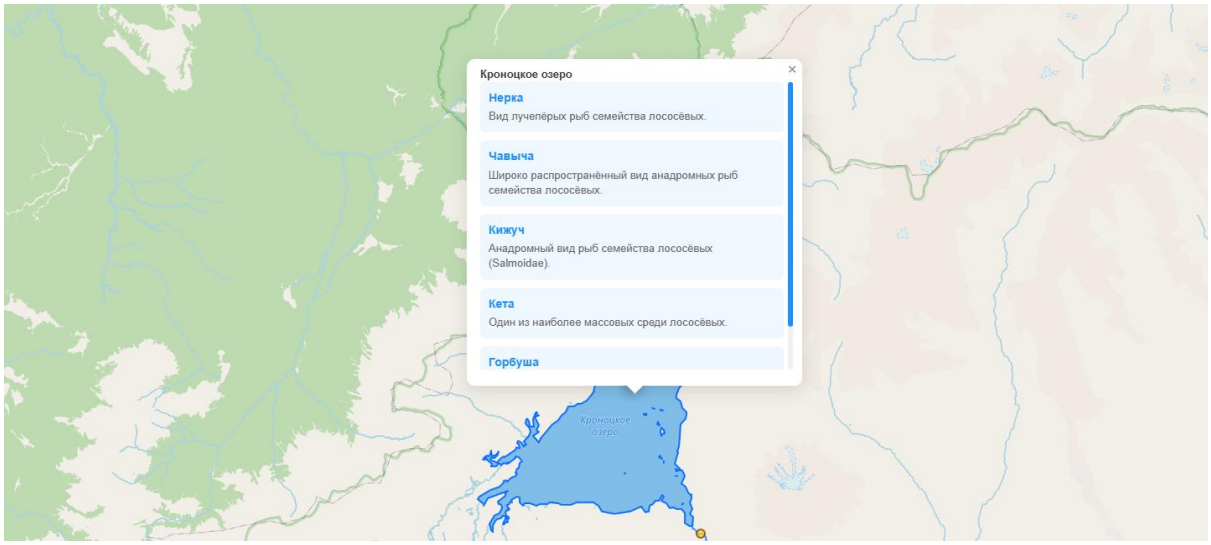


Рис. 2 Список рыб при выборе водоема

3D-визуализация модели рыбы была взята из веб-ресурса https://sketchfab.com/. И была интегрирована в HTML-код (рис. 3).

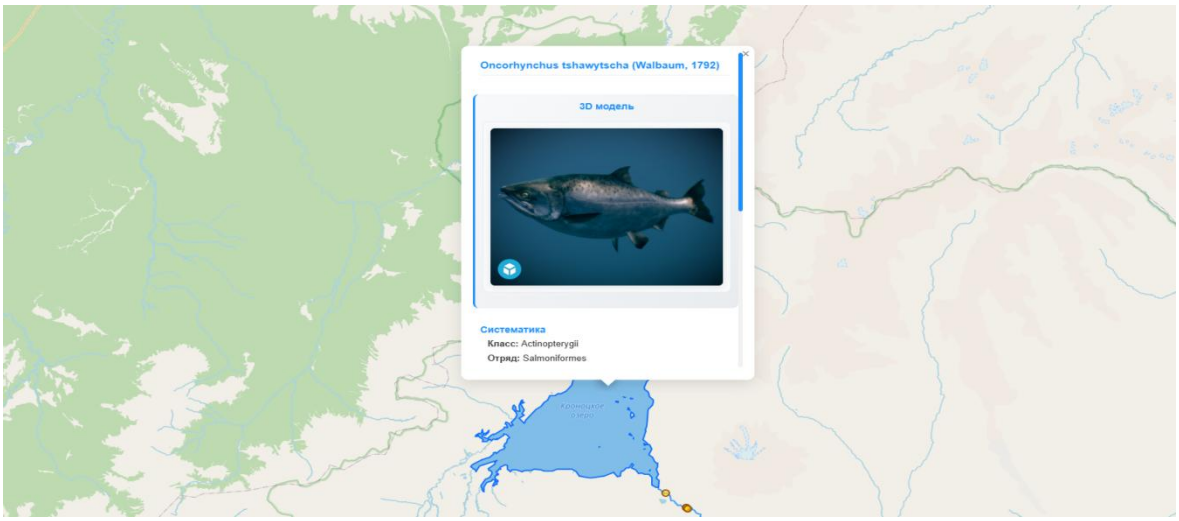


Рис. 3. 3D-визуализация модели рыбы на примере чавычи

Для большей информативности была создана опция выбора отображения рельефа местности (рис. 4).

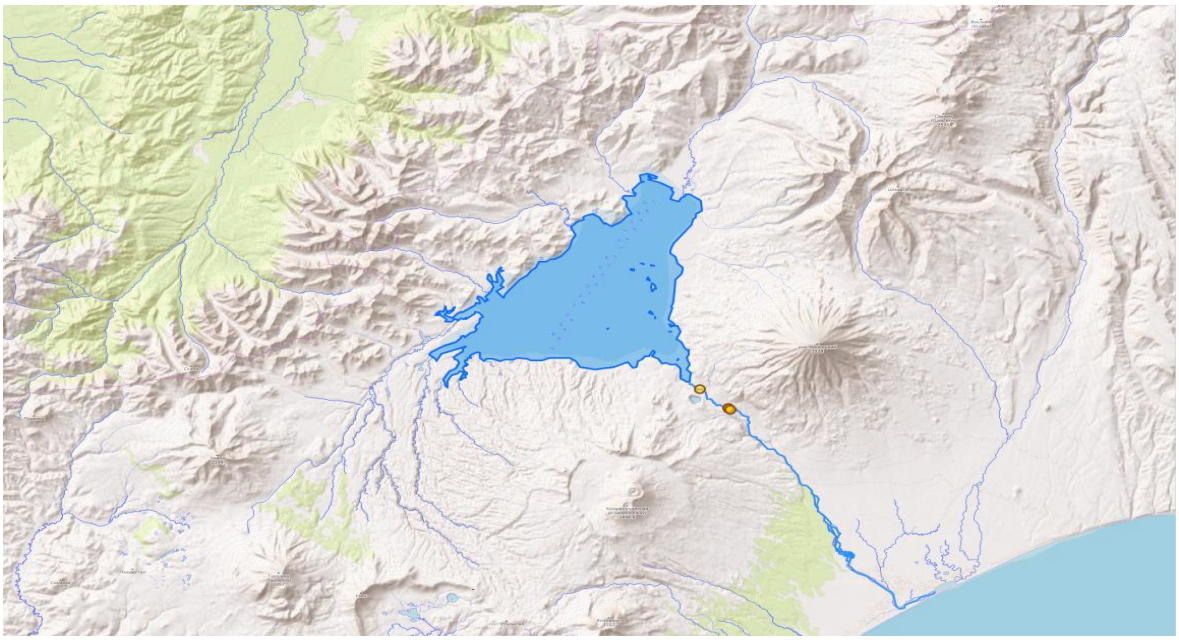


Рис. 4. Опция отображения рельефа местности

Эти материалы отлично подошли для создания рабочего прототипа веб-приложения. Однако текущая архитектура имеет ограничения. Хранение данных в статических JSON-файлах усложняет поддержание целостности информации при ее росте, делает затруднительным выполнение сложных выборок (например, «найти все реки, где обитает и чавыча, и кета») и не позволяет организовать многопользовательский доступ с разграничением прав.

Поэтому следующим этапом развития проекта станет переход к архитектуре «клиент-сервер». Планируется замена файлового хранения на реляционную базу данных PostgreSQL с расширением PostGIS. Это позволит:

– эффективно хранить большие объемы биологических и пространственных данных, обеспечивая их целостность;

– выполнять сложные геопространственные запросы (например, поиск водоемов в заданном радиусе или отображение только тех рек, где нерестится определенный вид);

– масштабировать приложение, добавляя новый функционал, такой как фильтрация по видам рыб, сезонам лова или природоохранному статусу.

Серверная часть, которая будет обрабатывать запросы к базе данных и передавать отфильтрованные данные на клиента, может быть реализована на одном из языков бэкенд-разработки (например, Python с фреймворком FastAPI или Django). Это позволит разгрузить браузер пользователя и сделать работу с картой более быстрой и отзывчивой даже при очень больших объемах данных. Таким образом, созданный прототип заложил основу для полноценной информационной системы, а переход на PostgreSQL и создание серверной части выведет проект на качественно новый уровень.

В ходе выполнения работы была достигнута поставленная цель – разработан и опубликован рабочий прототип веб-приложения для визуализации ихтиофауны водоемов Камчатского края. Проведен анализ требований, выполнено проектирование компонентов и выбор технологий, собран массив биологических данных.

Созданное приложение наглядно демонстрирует возможность объединения картографической информации с данными по биоразнообразию в простом и доступном веб-интерфейсе.

Дальнейшее развитие проекта, предполагающее переход к архитектуре с серверной частью и базой данных PostgreSQL, позволит превратить прототип в полноценный научный или туристический ресурс, способный обрабатывать большие объемы информации и предоставлять расширенный функционал для поиска и анализа данных по ихтиофауне Камчатки.

Литература

1. *Браун Л.А.* История географических карт. – Москва: Центрполиграф, 2006. – 479 с.

2. *Салищев К.А.* Картоведение: Учебник для университетов. – 3-е изд. – М.: Изд-во Московского университета, 1990. – 400 с.

3. *Багров Л.С.* История картографии. – М.: Центрполиграф, 2004. – 319 с.

4. *Постников А.В.* Развитие картографии и вопросы использования старых карт. – М.: Наука, 1985. – 216 с.

5. Sketchfab [Электронный ресурс]: Платформа для публикации и просмотра 3D-моделей. – URL: https://sketchfab.com, свободный (дата обращения: 27.02.2026)

6. FishBase [Электронный ресурс] / Froese R., Pauly D., editors. – URL: www.fishbase.se, свободный (дата обращения: 26.02.2026).

УДК 004.896:639.2

А.В. Костенко, Е.Л. Игнаткина, Ю.А. Костенко

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: andr13kost@list.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АСУТП РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе рассмотрена актуальность использования искусственного интеллекта в рыбоперерабатывающем производстве. Выполнен сравнительный анализ классических автоматизированных систем управления (АСУ) и нейросетевых технологий (НТ) в контексте использования в технологических процессах (ТП). Отмечено, что НТ не являются заменой АСУТП. Нейросеть встраивается в структуру классического АСУТП, способствуя оптимизации технологического процесса. На производстве потребуется создание параллельной структуры в виде цифрового уровня для разработки, эксплуатации и управления моделями искусственного интеллекта и машинного обучения. Проанализированы возможности интеграции АСУТП и НТ.

На примере ТП изготовления филе мороженого рыбного определены возможности использования НТ на каждом этапе процесса. Сделан вывод о том, что использование нейросетевых технологий в АСУТП является перспективным направлением дальнейшего развития рыбной отрасли Камчатского края.

Ключевые слова: технологический процесс, автоматизация, искусственный интеллект, нейросетевая технология, цифровой уровень, сравнительный анализ.

A.V. Kostenko, Y.L. Ignatkina, Y.A. Kostenko

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: andr13kost@list.ru

PROSPECTS FOR USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN THE APCS OF A FISH PROCESSING ENTERPRISE

This paper examines the relevance of using artificial intelligence in fish processing. A comparative analysis of classic automated control systems (APCS) and neural network technologies (NT) is conducted in the context of their use in technological processes. It is noted that NT is not a replacement for APCS. A neural network is integrated into the structure of a classic APCS, facilitating process optimization. The production process will require the creation of a parallel structure in the form of a digital layer for the development, operation, and management of artificial intelligence and machine learning models. The potential for integrating APCS and NT is analyzed.

Using the example of a frozen fish fillet production process, the potential for using NT at each stage of the process is identified. It is concluded that the use of neural network technologies in APCS is a promising direction for the further development of the Kamchatka Kray fishing industry.

Key words: technological process, automation, artificial intelligence, neural network technology, digital level, comparative analysis.

Развитие рыбопромышленного комплекса, в частности рыбопереработки, неразрывно связано с внедрением и совершенствованием систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП). Одним из самых перспективных и современных тенденций – внедрение нейросетевых технологий, в основе которых заложено использование нейронных сетей.

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), а также их проникновение во все сферы деятельности человека, предопределяют в ближайшие 10–15 лет колоссальную технологическую трансформацию производственных технологий [1].

Поэтому использование ИИ в рыбообрабатывающем производстве является актуальной задачей дальнейшего развития отрасли, применение нейронных сетей является одним из путей решения этой задачи.

Определим понятия:

– искусственный интеллект – это комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [2];

– нейронная сеть – сеть примитивных обрабатывающих элементов, соединенных взвешенными связями с регулируемыми весами, в которой каждый элемент выдает значение, применяя нелинейную функцию к своим входным значениям, и передает его другим элементам или представляет его в качестве выходного значения [3].

В работе [4] были рассмотрены основные определения и приведена типовая схема АСУТП, состоящая из элементов нижнего, среднего и верхнего уровней. В таком виде системы автоматизации широко используются на различных предприятиях, различные аспекты исследований и особенностей функционирования таких систем приведены как в научных публикациях и изданиях, так и в учебной литературе.

Бурное развитие нейросетевых технологий (НТ) предопределяет их проникновение во все сферы деятельности человека, в том числе и в технологические процессы переработки сырья. В связи с этим актуальной является проблема встраивания НТ в уже функционирующую АСУТП предприятий.

В связи с этим, используя информацию, представленную в сети Интернет в открытом доступе, а также ряд работ [5–9], сравним особенности «классических» АСУ и НТ в контексте использования в технологических процессах.

Результат сравнения по некоторым критериям, определяющим ключевые особенности, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Особенности «классических» АСУ и НТ в контексте использования в технологических процессах

Критерий	АСУ ТП	НТ
Особенности управления	Реактивное управление. Реагирует на текущее отклонение измеренной величины от заданного значения (уставки)	Прогнозное (предиктивное) и адаптивное управление. Предсказывает поведение системы и будущие отклонения, чтобы предотвратить их
	Используют «жесткие» алгоритмы (ПИД-регуляторы, логика, конечные автоматы). Управление по четко заданным правилам и формулам	Используют статистические модели и паттерны. Управление на основе выявления сложных, нелинейных зависимостей в данных
Требования к модели объекта	Необходима точная математическая модель объекта управления (передаточные функции, дифференциальные уравнения). Без нее синтез регуляторов сложен	Не требует априорной математической модели. Модель «извлекается» нейросетью из исторических и реальных данных (датасетов)
Работа с данными	Использует текущие измеренные значения (температура, давление, расход) и заданные уставки	Анализирует большие объемы многомерных накопленных и текущих данных, выявляя скрытые корреляции, которые не видны человеку
Основная задача	Стабилизация процесса вокруг заданных точек (режимов), дискретное управление (включить/выключить, открыть/закрыть) по заданной программе	Оптимизация процесса в реальном времени, прогнозирование отказов, классификация сложных состояний (например, прогнозирование качества продукции или технического состояния по косвенным признакам)
Гибкость и адаптивность	Алгоритмы меняются вручную инженером-настройщиком	Могут дообучаться на новых данных, адаптируясь к изменениям (например, износ оборудования, смена сырья)
Интерпретируемость	Прозрачная логика. Инженер знает, как именно работает система, почему регулятор сработал тем или иным образом	«Черный ящик». Причины принятия конкретного решения нейросетью часто неинтерпретируемы
Надежность и безопасность	Проверенные на практике, детерминированные методы. «Легко» валидировать и сертифицировать для критических процессов	Валидация и сертификация – сложная задача. Риск принятия решений на основе некорректно выученных паттернов. Требует особых подходов к обеспечению безопасности

Основным преимуществом НТ является их способность работать с нелинейными, нестационарными, трудно формализуемыми объектами. А недостатком – риски, возникающие из-за неинтерпретируемости.

Главный вывод – НТ не являются заменой АСУТП. Нейросеть встраивается в структуру классического АСУТП, способствуя оптимизации технологического процесса, в том числе и за счет возможности прогнозирования контролируемых параметров.

При внедрении НТ на реальном производстве потребуется создание параллельной структуры, которая на рис. 1 представлена в виде цифрового уровня «AI/ML Layer» – это должен быть отдельный программно-аппаратный уровень в архитектуре, предназначенный для разработки, развертывания, эксплуатации и управления моделями искусственного интеллекта и машинного обучения. Задача такого уровня очевидна – обрабатывать данные от АСУТП и вырабатывать прогнозы и рекомендации для корректировки параметров процесса. На рис. 1 представлена упрощенная схема взаимодействия АСУТП и цифрового слоя.

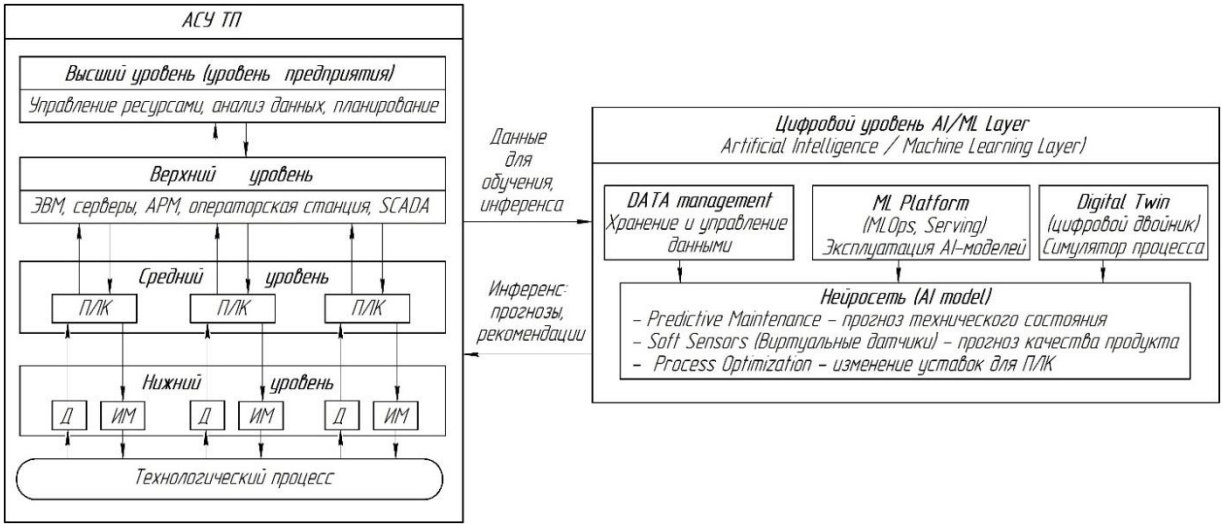


Рис. 1. Схема взаимодействия АСУТП и цифрового уровня (НТ)

Верхний уровень АСУТП является наиболее подходящим для интеграции нейросети, если отталкиваться от схемы, приведенной на рис. 1. Если нейросеть задействована для решения и общепроизводственных задач, то высший уровень тоже должен быть использован.

В представленной схеме программируемый логический контроллер (ПЛК) передают информацию в SCADA, откуда нейросеть берет данные, в обратном направлении передаются результаты прогноза, например, рекомендации новых значений уставок.

Использовать для интеграции средний уровень, т. е. непосредственно контроллеры, возможно, однако это достаточно непростая задача. Тем не менее есть исследования, показывающие, что ПЛК могут реализовывать простейшую искусственную нейронную сеть (например, однослойный перцептрон) с помощью ресурсов ПЛК [10].

Производители приборов автоматизации, реагируя на вызовы, предлагают свои решения для интеграции ПЛК с НТ. Например, Siemens предлагает несколько вариантов: использование нейропроцессорного модуля SIMATIC S7-1500 TM NPU, использование Open Controller (ET200SP), что обеспечивает прямую связь с нейросетями через несколько архитектурных подходов. [11]

Что качается нижнего уровня, то использование интеллектуальных ИИС [4] представляет возможности для применения здесь локальных несложных моделей, позволяющих решать, например, такие задачи, как определение брака продукции, самодиагностику датчика, простейшую диагностику оборудования. Это позволяет перенести вычислительные мощности на периферию.

На рис. 2 приведена последовательность работы AI/ML Layer.

Далее на примере одного из процессов рыбопереработки – изготовления филе мороженого рыбного – определим возможности использования НТ на каждом этапе процесса. На рис. 3 приведена схема процесса [12, 13].

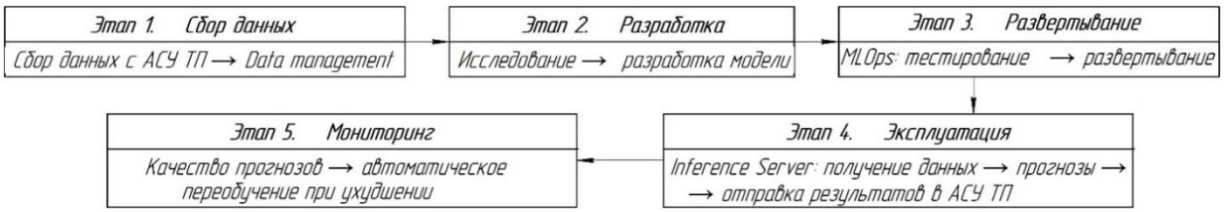


Рис. 2. Этапы работы AI/ML Layer



Рис. 3. Схема технологического процесса производства филе мороженого рыбы

В табл. 2 представлены возможные варианты использования НТ на каждом этапе процесса производства филе мороженого рыбного в соответствии с рис. 3.

Таблица 2

Варианты использования НТ при производстве филе мороженого рыбного

Проблемы этапа	Тип и особенности нейросети	Механизм работы	Результат работы НТ
1. Приемка рыбы с предварительным сортированием			
Субъективная оценка свежести сырья. Риск приемки некондиционного сырья	CNN (сверточная сеть) + гиперспектральный анализ. Обучена на датасетах рыб разной свежести, с дефектами и разных видов	Нейросеть анализирует фото или видео с камеры: цвет жабер, слизи, глаз, целостность; определяет вид; выявляет явные паразитарные поражения. Решение передается на сервер и механизм сортировки	Объективная, скоростная оценка качества и сортировка сырья. Автоматическая сортировка по виду/калибру. Отбраковка некондиционного сырья
2. Мойка с предварительным охлаждением			
Неравномерное охлаждение и мойка. Неоптимальный расход воды. Субъективная оценка чистоты	LSTM (рекуррентная сеть) для управления процессом. Анализирует временные ряды данных с датчиков	Нейросеть получает данные: температура рыбы, температура воды, мутность промывочной воды, расход. Прогнозирует необходимую длительность и интенсивность мойки/охлаждения для достижения целевых параметров	Оптимизация расхода ресурсов и обеспечение чистоты сырья. Снижение расхода воды и энергии. Стабильная температура продукта
3. Сортирование (основное)			
Окончательная сортировка для филетирования: по размеру, форме, качеству Человеческий фактор, утомляемость	CNN с функцией семантической сегментации. Определение контуров, анатомических ориентиров (голова, спинной плавник)	Нейросеть анализирует изображение с высокой детализацией, измеряет длину, толщину, определяет изгиб тушки. Определяет линию разреза	Точная классификация для подачи на линию разделки. Повышение выхода филе. Снижение нагрузки на операторов

Продолжение табл. 2

Проблемы этапа	Тип и особенности нейросети	Механизм работы	Результат работы НТ
4. Разделывание (Филетирование)			
Невысокая точность разделки. Неполное удаление костей (мелких реберных), кожи, черной пленки, сгустков крови ведет к понижению категории. Перерасход сырья (слишком толстые срезы). Низкая скорость при ручном контроле	CNN Multi-Label Classification + гиперспектральные камеры. Отличает мышечную ткань, кожу, кости, хрящи, пленку	Камеры сканируют филе сразу после ножа. Нейросеть в реальном времени идентифицирует и маркирует остатки дефектов. Выдает сигнал на выбраковку и на коррекцию траектории ножа	Контроль качества разделки и автоматическая корректировка процесса. Соответствие виду разделки по ГОСТ. Минимизация брака и повышение выхода мяса. Стабильность категории качества
5. Замораживание (IQF)			
Нестабильность температурного режима. Неоптимальный режим - большие кристаллы льда (пористая консистенция). Усушка (потеря массы - убытки)	LSTM или градиентный бустинг (XGBoost) для прогнозного управления. Анализ динамики процесса	Нейросеть получает данные: температура и скорость воздуха, температура продукта на входе и выходе, загрузка конвейера. Прогнозирует точку достижения -18°C и корректирует уставки ПИД-регуляторов	Точное поддержание режима заморозки для минимизации усушки и сохранения структуры. Снижение потерь массы Требуемая структура льда
6. Фасование/Укладка			
В одной упаковке должно быть филе одного вида разделки, категории и т. д. При ручной укладке – медленный процесс, возможны ошибки	CNN + нейросеть-оптимизатор (Reinforcement Learning). Первая «видит» куски, вторая – формирует оптимальную комбинацию	1. CNN оценивает вес, геометрию, категорию. 2. Оптимизатор формирует из потока кусков наборы для укладки в один блок/лоток, соблюдая: однородность категории, целевой вес блока, плотность укладки	Автоматическая упаковка с учетом ГОСТ. Точное нормирование веса. Эстетичная, плотная укладка
7. Мойка (перед глазированием)			
Неравномерность промывки влияет на адгезию глазури.	CNN для контроля чистоты. Определяет наличие остатков, наледи.	Нейросеть анализирует изображение филе/блока. При обнаружении загрязнений дает команду на повторную локальную мойку или брак.	Обеспечение чистой поверхности для равномерного глазирования.
8. Глазирование			
Избыточная глазировка – обман потребителя, недостаточная глазировка – риск усушки и нарушения. Неравномерность покрытия	CNN (для анализа изображения глазури) + LSTM (для управления процессом)	1. CNN (контроль): камеры анализируют блеск и толщину глазури на выходе из глазировщика. 2. LSTM (управление): на основе данных о весе филе до глазирования, температуре, времени и обратной связи от CNN, корректирует параметры орошения	Контроль и управление толщиной ледяной корочки. Строгое соответствие нормам по массовой доле глазури. Равномерное, прочное покрытие
9. Упаковывание			
Нарушение целостности упаковки. Ошибки в комплектации	CNN (компьютерное зрение). Распознает типы упаковки, считает объекты, идентифицирует дефекты	Нейросеть проверяет: целостность швов, пленки; наличие и читаемость внутренней маркировки	Автоматический контроль целостности и комплектности конечной упаковки. Исключение отгрузки некомплектного или поврежденного товара
10. Маркировка тары			
Неполные, неточные или несоответствующие данные	CNN (OCR) + NLP (обработка текста) для проверки. Сравнивает распознанный текст с эталоном из задания на упаковку	Нейросеть распознает текст с этикетки; сверяет его с цифровым заданием; при несоответствии блокирует упаковку	Соответствие маркировки ГОСТ Автоматизация учета

Окончание табл. 2

Проблемы этапа	Тип и особенности нейросети	Механизм работы	Результат работы НТ
11. Хранение и отгрузка			
Нестабильность температурного режима. Ошибки при комплектации отгрузочных партий	LSTM для анализа временных рядов + рекомендательная система. Анализирует исторические и текущие данные	1. LSTM анализирует данные с датчиков температуры в камерах хранения, прогнозирует возможные сбои. 2. Рекомендательная система на основе данных о сроках годности и заказах формирует схему отбора со склада, минимизируя остатки	Контроль условий хранения и оптимизация логистики склада. Предотвращение порчи из-за скачков температуры. Соблюдение сроков годности. Оптимизация складских запасов. Реализация FIFO («первым пришел – первым ушел»)

Как видно из таблицы, возможности внедрения НТ присутствуют на каждом этапе технологического процесса. При принятии решения о внедрении НТ на соответствующем этапе необходим тщательный анализ для понимания целесообразности этого, поскольку процесс внедрения НТ довольно трудоемкий и дорогостоящий. К тому же, современные АСУТП развиты достаточно хорошо, чтобы с успехом решать определенные задачи производства без использования НТ.

Перспективным и даже, в какой-то степени, необходимым видится проработка вопроса о внедрении НТ на этапе сортирования (табл. 2, этап 3), поскольку здесь используется ручной труд, характеризующийся довольно тяжелыми условиями.

Использование нейросетевых технологий в АСУТП рыбоперерабатывающих производств является перспективным направлением дальнейшего развития этой важной отрасли Камчатского края.

В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть вопрос о возможности и особенностях использования искусственного интеллекта на этапе сортирования при производстве рыбного филе.

Литература

1. *Соболь Р.* Путин В.В. призвал подготовиться к бурному развитию ИИ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ntv.ru/novosti/2957827 (дата обращения: 04.02.2026).

2. ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2020 г. № 1372-ст – Дата введения 2021-03-01 [Электронный документ]. – URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/75406/ (дата обращения: 04.02.2026).

3. ГОСТ Р 70462.1-2022. Информационные технологии. Интеллект искусственный. Оценка робастности нейронных сетей. Часть 1. Обзор: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 ноября 2022 г. № 1226-ст – Дата введения 2023-01-01 [Электронный документ]. – URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/79058/ (дата обращения: 04.02.2026).

4. *Костенко А.В., Кузьмичев Д.К.* Перспективы использования машинного зрения в рыбной отрасли // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XIV Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (18-19 марта 2025 г.) [Электронный ресурс]. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2025. – С. 45–49.

5. *Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А.* Нейронные сети: общие технологические характеристики // Научное обозрение. Технические науки. – 2019. – № 2. – С. 17–23. – [Электронный документ]. – URL: https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1236 (дата обращения: 04.02.2026).

6. *Филиппов Ф.В.* Нейросетевые технологии: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2020. – 129 с. – [Электронный документ] // Лань: Электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/180056 (дата обращения: 04.02.2026).

7. *Сопина Н.В., Маккаева С.А.* Перспективы внедрения нейросетей и искусственного интеллекта на промышленном производстве // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2023. – № 3. – С. 222–227. DOI 10.26118/2782-4586.2023.78.70.032.

8. *Коновалов Т.О., Макаров А.А.* Анализ использования нейросетей в сфере АСУ ТП // Сборник научных трудов кафедры автоматики и промышленной электроники Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина: Сборник статей. – М.: Рос. гос. ун-т им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2025. – С. 55–58.

9. *Рачков М.Ю.* Технические средства автоматизации: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2026. – 182 с. // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/584970 (дата обращения: 04.02.2026).

10. *Долидзе А.Н.* Использование нейронных сетей в программируемых логических контроллерах как возможность отказаться от классического программирования // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 10 (130). – С. 215–229.

11. SIMATIC AI. Искусственный интеллект в решениях с SIMATIC (V) [Электронный документ]. – URL: https://www.siemens-pro.ru/articles/siemens-articles-66.html (дата обращения: 04.02.2026).

12. ГОСТ 3948-2016. Филе рыбы мороженое. Технические условия: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27 июля 2016 г., № 89-П), введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 сентября 2016 г. № 1068-ст. Дата введения 2018-01-01 [Электронный документ]. – URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/62868 (дата обращения: 04.02.2026).

13. Технология рыбы и рыбных продуктов / Под ред. д.т.н., проф. А.М. Ершова. – СПб.: Гиорд, 2006. – 941 с.

УДК 621.182-5:621.311.22

А.С. Лихачева

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: anechka_likhacheva@internet.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЛОАГРЕГАТА № 11 ТИПА БКЗ-120-100 ГМ КАМЧАТСКОЙ ТЭЦ-1

В работе рассмотрена автоматизация котлоагрегата № 11 типа БКЗ-120-100 ГМ на Камчатской ТЭЦ-1 – крупнейшей теплоэлектроцентрали региона. Обоснована необходимость замены импортных датчиков на отечественные аналоги, а также внедрения программно-аппаратных средств для повышения надежности и снижения эксплуатационных затрат в системах контроля и управления. Приведена краткая характеристика станции, ее оборудования и особенностей эксплуатации, а также обозначены перспективы модернизации и развития энергетической инфраструктуры региона. Разработана концепция автоматизированной системы управления, обеспечивающей контроль температуры, давления и уровня воды в режиме реального времени. Предложенные решения направлены на повышение безопасности, энергоэффективности и устойчивости работы оборудования, а также на снижение влияния человеческого фактора.

Ключевые слова: котельный агрегат, автоматизированные системы управления, теплоэнергетика.

A.S. Likhacheva

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: anechka_likhacheva@internet.ru

AUTOMATION OF BOILER UNIT № 11 TYPE BKZ-120-100 GM OF KAMCHATKA CHPP-1

This paper examines the automation of boiler unit № 11, a BKZ-120-100 GM type, at Kamchatka Thermal Power Plant No. 1, the region's largest combined heat and power plant. It also substantiates the need to replace imported sensors with domestically produced equivalents, as well as to implement hardware and software to improve reliability and reduce operating costs in the control and monitoring systems. A brief description of the plant, its equipment, and operational features is provided, along with an outline of prospects for modernization and further development of the regional energy infrastructure. A concept of an automated control system has been developed to ensure real-time monitoring of temperature, pressure, and water level. The proposed solutions are aimed at enhancing safety, energy efficiency, and operational stability, as well as reducing the impact of the human factor.

Key words: boiler unit, automated control systems, heat-and-power engineering.

Камчатская ТЭЦ-1 является основным предприятием, обеспечивающим выработку электрической и тепловой энергии на территории Камчатского края. Как теплоэлектроцентраль, станция одновременно производит электроэнергию и осуществляет отпуск тепла в виде пара и горячей воды для систем централизованного отопления и горячего водоснабжения жилых, административных и промышленных объектов.

Объектом является котлоагрегат № 11 типа БКЗ-120-100 ГМ, функционирующего в составе станции. Цель работы заключается в техническом обосновании замены импортных измерительных приборов на отечественные аналоги, а также во внедрении программно-аппаратных средств, направленных на повышение эксплуатационной надежности, устойчивости технологического процесса и экономической эффективности работы котла [1].

Для достижения поставленной цели в работе предполагается решение следующих задач:

- изучение технологический процесс парового котла;
- разработка алгоритма управления системы;
- разработка программы управления и контроля параметров.

Решение указанных задач позволит сформировать комплексный подход к модернизации системы управления котлом с учетом специфики работы теплоэлектроцентрали в условиях изолированной энергосистемы региона.

Петропавловск-Камчатская ТЭЦ-1 была создана как источник энергии для судоремонтного предприятия, впоследствии включена в состав «Камчатэнерго». Строительство началось в 1964 г. Проектом предусматривалась установка двух турбин мощностью по 12 МВт и двух котлоагрегатов производительностью 120 т/ч. Уже в 1965 г. станция начала работу по электро- и теплоснабжению промышленных и коммунальных потребителей [2].

В состав станции входят несколько турбоагрегатов установленной мощностью от 44 до 55 МВт, а также котлы типов БКЗ-135-100 ГМ и БКЗ-120-100 ГМ. Часть оборудования в настоящее время выведена из эксплуатации. Пар, вырабатываемый котлами, попадает в централь, откуда потом попадает в турбоагрегаты [3]. Расположение турбин и котлов показано на рис. 1.

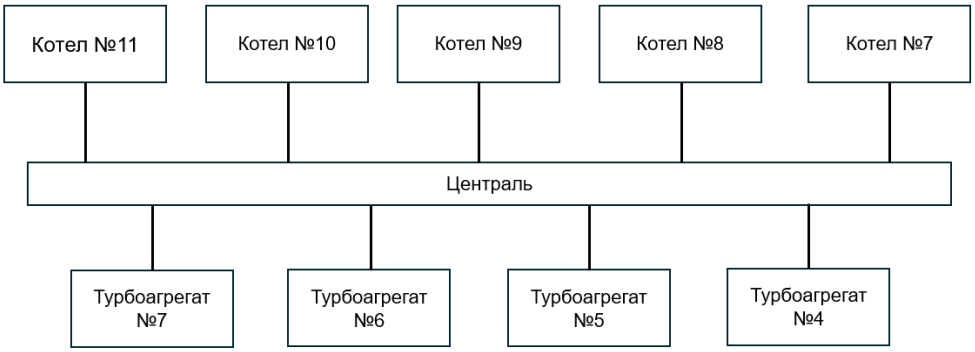


Рис. 1. Схема ТЭЦ-1

Паровой котел – это устройство, предназначенное для производства насыщенного, перегретого или сверхкритического пара. Оно может работать за счет энергии топлива, сжигаемого в его камере сгорания, электрической энергии или использовать тепло, выделяющееся в других технологических процессах.

На рис. 2 представлена функциональная схема БКЗ-120-100 ГМ.

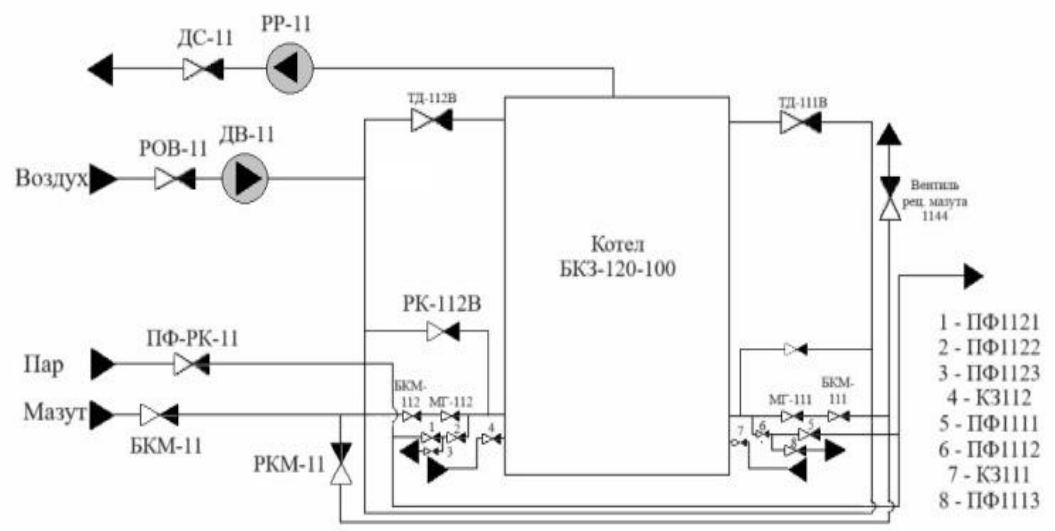


Рис. 2. Функциональная схема БКЗ-120-100 ГМ:
ДС-11 – дымосос; РР-11 – регулятор разряжения; РОВ-11 – регулятор общего воздуха;
ДВ-11 – дутьевой вентилятор; ПФ-РК-11 – продувка форсунок – регулирующий клапан;
БКМ-11, БКМ-111, БКМ-112 – быстродействующий клапан мазута;
РКМ-11 – регулирующий клапан мазута; МГ-111, МГ-112 – мазут горелки (мазутный вентиль);
ПФ-1111(2,3), ПФ1121(2,3) – продувка форсунки; КЗ-111, КЗ-112 – клапан запальника;
РК-111В, РК-112В – регулирующий клапан; ТД-111В, ТД-112В – третичное дутье

На рис. 2 показана схема котла № 11.

Принцип работы схемы: сначала открываются вентиля мазута 1133А и 1133Б, БКМ-11 и вентиль рециркуляции мазута 1144. В течение часа прогревается мазут до 135 градусов. Следом подается горячий воздух через ДВ-11, сжигается в дымовые газы и выходит через ДС-11. Вручную подается газ из газового баллона на КЗ-112. Электрический высоковольтный трансформатор поджигает горелку, появляется факел запальника. Открывается БКМ-112 И МГ-112, подается мазут, происходит воспламенение основного факела. КЗ-112 спустя 40 секунд закрывается, РК-112Р и РК-112В ставятся на автоматический режим. Начинается процесс подготовки топки. Вода в данной схеме не учитывается, она поступает снизу 235 градусов. Спустя 2–2,5 ч зажигается 2 горелка, через 3,5 ч котел переходит в параллельный режим работы.

Предлагаемая модернизация котлоагрегата № 11 основана на создании многоуровневой автоматизированной системы управления с применением отечественных датчиков и программно-технических средств. Предусматривается формирование единого измерительного контура, обеспечивающего сбор, обработку и передачу информации о ключевых параметрах – температуре перегретого пара, давлении в барабане, уровне воды, расходе топлива и воздуха [4].

Система должна функционировать в режиме непрерывного мониторинга с использованием алгоритмов регулирования, позволяющих автоматически поддерживать заданные технологические уставки. Реализация замкнутых контуров управления обеспечит точное согласование процессов горения, парообразования и питания котла. Дополнительно предусматривается внедрение функций аварийной сигнализации, автоматической блокировки при выходе параметров за допустимые пределы и архивирования эксплуатационных данных для последующего анализа [5].

Интеграция автоматизированной системы с существующей схемой управления станции позволит оптимизировать режимы работы оборудования в реальном времени, снизить вероятность нештатных ситуаций и минимизировать влияние человеческого фактора. В результате повышается промышленная безопасность, улучшаются показатели топливной экономичности, сокращаются затраты на техническое обслуживание и увеличивается срок службы основного оборудования.

Структурная схема представлена на рис. 3.

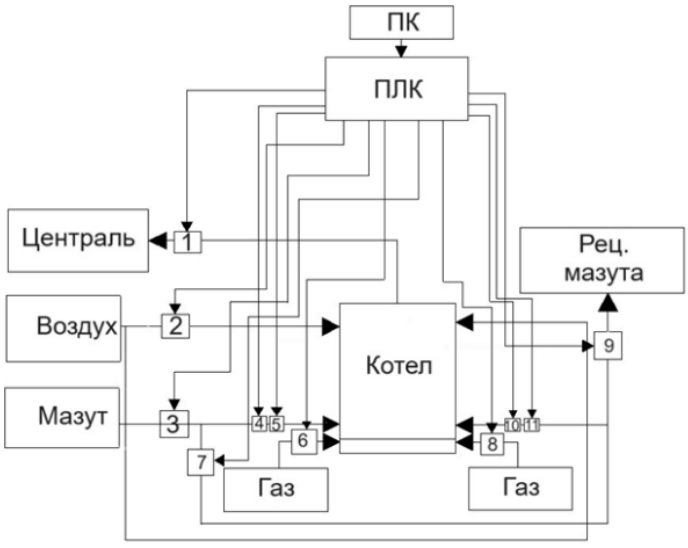


Рис. 3. Структурная схема котлоагрегата № 11:
1 – регулятор разряжения; 2 – регулятор общего воздуха; 3 – быстродействующий клапан мазута № 1;
4 – быстродействующий клапан мазута № 2; 5 – мазутный вентиль № 2; 6 – клапан запальника № 2;
7 – регулирующий клапан мазута; 8 – клапан запальника № 1; 9 – вентиль рециркуляции мазута;
10 – мазутный вентиль № 1; 11 – быстродействующий клапан мазута № 3

В ходе исследования разработана концепция автоматизированной системы управления для котлоагрегата № 11 типа БКЗ-120-100 ГМ, эксплуатируемого на Камчатской ТЭЦ-1. Учтены технические особенности станции и условия ее работы в изолированной энергосистеме региона.

Предложенное решение предусматривает замену импортных датчиков на отечественные аналоги и внедрение системы мониторинга и регулирования основных параметров котла. Реали-

зация проекта позволит повысить эксплуатационную надежность, улучшить технико-экономические показатели и обеспечить стабильную работу оборудования.

Дальнейшее развитие автоматизации тепловых электростанций Камчатского края будет способствовать модернизации региональной энергетики и повышению ее технологического уровня.

Литература

1. Энергетические установки электростанций / Под ред. Э.П. Волкова. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 280 с.

2. Теплохимические испытания котлов БКЗ-120-100 ГМ / *Н.Г. Протасов и др.* – М., 1974. – 15 с.

3. *Новиков С.И.* Оптимизация автоматических систем регулирования теплоэнергетического оборудования. Ч. 3. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 104 с.

4. *Клюев А.С.* Автоматизация теплоэнергетических установок. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.

5. *Бессонов Л.А.* Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – М.: Гардарики, 2007. – 640 с.

УДК 621.18-5:629.5

Е.А. Ракитянский

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: incomprehensibility.rhythms@gmail.com

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ПАРОВЫМ КОТЛОМ

В данной работе предложено решение по усовершенствованию системы автоматического регулирования вспомогательного парового котла на примере судна типа БМРТ. Проведен анализ недостатков традиционной релейно-контакторной логики, включая низкую помехоустойчивость к вибрациям и отсутствие функций диагностирования. Разработана архитектура новой системы управления на базе программируемого логического контроллера семейства Siemens S7-1200 с интерфейсом оператора. Техническое решение предполагает сохранение силовой части исполнительных механизмов при полной замене цепи управления. Внедрение цифровых технологий позволяет исключить механический износ коммутационных элементов, обеспечить архивирование технологических параметров и гибкую настройку алгоритмов без перекоммутации проводов. Обоснована экономическая эффективность проекта для судов с остаточным ресурсом корпуса до 10 лет, что позволяет продлить их безопасную эксплуатацию в период до 2030 года.

Ключевые слова: модернизация, автоматизированные системы управления, паровой котел.

E.A. Rakitianskii

Kamchatka State Technical University,
Petropavlosvk-Kamchatsky, 683003
e-mail: incomprehensibility.rhythms@gmail.com

MODERNIZATION OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE SHIP'S AUXILIARY STEAM BOILER

In this paper, a solution is proposed to improve the automatic control system of an auxiliary steam boiler using the example of a BMRT-type vessel. The disadvantages of traditional relay-contactor logic are analyzed, including low noise immunity to vibrations and lack of diagnostic functions. The architecture of a new control system based on a programmable logic controller from the Siemens S7-1200 series with an operator interface has been developed. The technical solution involves preserving the power part of the actuators while completely replacing the control circuit. Digital technologies make it possible to eliminate mechanical wear on switching elements, archive technological parameters, and configure algorithms flexibly without wire switching. Economic efficiency of the project is justified for vessels with a residual hull life up to 10 years, allowing for safe operation up until 2030.

Key words: modernization, automated control systems, steam boiler.

Модернизация рыбопромыслового флота является ключевым фактором повышения эффективности промысла, снижения эксплуатационных затрат и обеспечения устойчивого использования водных биоресурсов. Особую сложность представляет модернизация судов старой постройки (25+ лет), составляющих значительную долю российского флота. Более 60% российских рыбопромысловых судов имеют возраст свыше 25 лет. У 35% судов исчерпан ресурс корпусных конструкций, что создает угрозу безопасности эксплуатации. С 1 января 2030 г. судам старше 40 лет будет запрещен заход в российские морские порты согласно Постановлению Правительства РФ № 2452 от 30.12.2023. При этом российские верфи физически не успевают полностью заменить флот к 2030 г. – темпы строительства составляют 8–10 судов в год при реальной потребности 30+ единиц.

Таким образом, модернизация существующего флота является временной необходимостью на период 2026–2030 гг.

В данной работе представлен вариант модернизации вспомогательного механизма судовой энергетической установки.

На сегодняшний день модернизация может быть экономически оправдана при соблюдении следующих условий:

1. Возраст судна составляет 20–30 лет.
2. Состояние корпуса удовлетворительное с остаточным ресурсом не менее 10 лет.
3. Стоимость модернизации не превышает 40% от стоимости нового аналогичного судна.
4. Срок окупаемости модернизации не превышает 5 лет.

Модернизация не рекомендуется при возрасте судна свыше 35 лет, необходимости замены корпусных конструкций или стоимости работ более 60% от цены нового судна [1].

Сравнительный анализ показывает, что капитальные затраты на модернизацию одного судна составляют 80–120 млн руб. против 2,5–4,0 млрд руб. на строительство нового судна. Срок реализации модернизации 6–12 мес против 24–36 мес на новое строительство. Однако остаточный срок службы после модернизации ограничивается 5–10 годами, тогда как новое судно эксплуатируется 25–30 лет. Степень достижимой автоматизации для модернизированного судна составляет 30–50 против 80–95% у нового судна.

Сегодня устаревшие элементы автоматики на судах не только выходят из строя ввиду устаревания и несут экономические потери судовладельцу, но и значительно уступают в производительности современным средствам автоматизации на основе программируемых контроллеров и средств диспетчеризации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день частичная модернизация судового электрооборудования и автоматики при помощи современных автоматизированных систем управления является актуальной задачей.

В данной работе в качестве объекта исследования выступает автоматизированная система управления паровым котлом на судне типа «БМРТ». На рис. 1 представлена силовая часть схемы управления исполнительными механизмами парового котла.

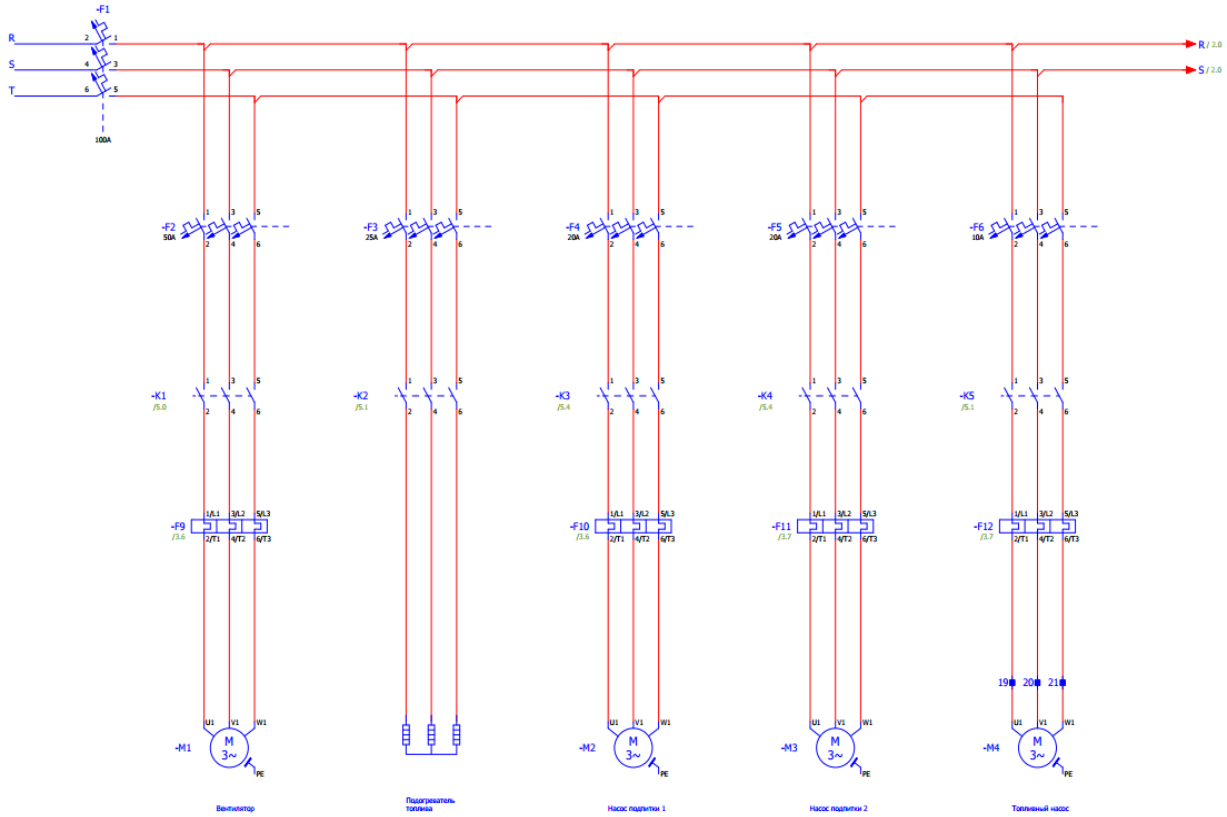


Рис. 1. Силовая часть

Питание осуществляется по трем фазам R, S, T через главный автоматический выключатель F1 номиналом 100 ампер, который обеспечивает общую защиту всей системы. От этого главного автомата отходят пять независимых параллельных ветвей, каждая из которых питает отдельное оборудование и имеет собственную систему защиты и управления.

Первая ветвь слева включает автоматический выключатель F2 на 50 ампер, контактор K1, тепловое реле F9 и трехфазный электродвигатель M1, который приводит в действие вентилятор. Вторая ветвь защищена автоматом F3 на 25 ампер и содержит контактор K2, питающий нагревательные элементы, обозначенные как резисторы – это подогреватель топлива. Третья линия включает автомат F4 на 20 ампер, контактор K3, тепловое реле F10 и двигатель M2, управляющий первым насосом подпитки. Четвертая ветвь аналогична третьей: здесь установлен автомат F5 на 20 ампер, контактор K4, тепловое реле F11 и двигатель M3 второго насоса подпитки. Пятая, крайняя правая ветвь, защищена автоматом F6 на 10 ампер и содержит контактор K5, тепловое реле F12 и двигатель M4 топливного насоса с клеммами 19, 20, 21 [2].

Каждая ветвь оснащена трехступенчатой системой защиты. Первая ступень – это автоматические выключатели с разными номиналами тока, которые защищают от коротких замыканий и перегрузок по току. Вторая ступень – контакторы K1-K5, обеспечивающие дистанционное управление включением и выключением соответствующего оборудования. Третья ступень – тепловые реле F9-F12, которые защищают электродвигатели от перегрузки, перегрева и обрыва фазы. Все трехфазные двигатели подключены через клеммы U1, V1, W1 и имеют обязательное заземление PE, что обеспечивает безопасность эксплуатации оборудования.

Принцип работы схемы заключается в том, что после включения главного автомата F1 напряжение поступает на все пять ветвей одновременно, но каждая ветвь управляется независимо своим контактором по сигналу системы управления. При возникновении неисправности срабатывает защита только на аварийной ветви, что обеспечивает селективность и позволяет остальному оборудованию продолжать работу.

На судне была установлена автоматическая система управления на базе релейно-контактной аппаратуры, которая имела следующие критические недостатки:

– постоянная вибрация корпуса судна и качка приводят к ослаблению винтовых соединений, дребезгу контактов и механическому разрушению элементов реле;

– время срабатывания электромеханических реле (20–50 мс) недостаточно для быстрой локализации аварийных режимов (например, погасание факела);

– нет архивирования параметров (трендов давления, температуры, количества включений). Невозможно провести ретроспективный анализ причин аварии;

– поиск неисправности требует физического прозванивания цепей, что увеличивает время простоя (MTTR).

На рис. 2 представлена электрическая схема модернизированной системы автоматического управления судовым вспомогательным паровым котлом. В процессе модернизации осуществлялась замена устаревшей схемы управления на базе релейно-контакторной логики на современную систему с применением промышленных программируемых контроллеров [3].

На представленной электрической схеме изображена система автоматического управления на базе программируемого логического контроллера Siemens S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC и панели оператора Siemens HMI KTP900 Basic PN. Питание схемы управления осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В (P24 и N24), который подается на входы и выходы контроллера, а также на катушки промежуточных реле и датчики.

В верхней части схемы расположена группа датчиков и реле, подключенных к цифровым входам контроллера. Сюда входят: фотоэлемент, реле давления воздуха, реле давления первой и второй ступеней, датчики высокого и низкого давления пара, датчики аварийного, низкого, рабочего и высокого уровня воды, тепловые реле вентилятора, насосов 1 и 2, а также топливного насоса (обозначены F9-F12). Также предусмотрены аналоговые входы AIW0 и AIW1 для подключения датчика давления топлива и датчика температуры топлива. Все цифровые входы пронумерованы от I0.0 до I1.5 [4].

В центральной части схемы расположен основной контроллер Siemens S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC, который обрабатывает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные механизмы. Контроллер имеет порты Ethernet для подключения к сети промышленной автоматизации.

В нижней части схемы изображена панель оператора Siemens HMI KTP900 Basic PN, подключенная к контроллеру через сеть Ethernet (ECR Ethernet). Панель предназначена для визуализации технологического процесса, отображения параметров системы и ручного управления оборудованием.

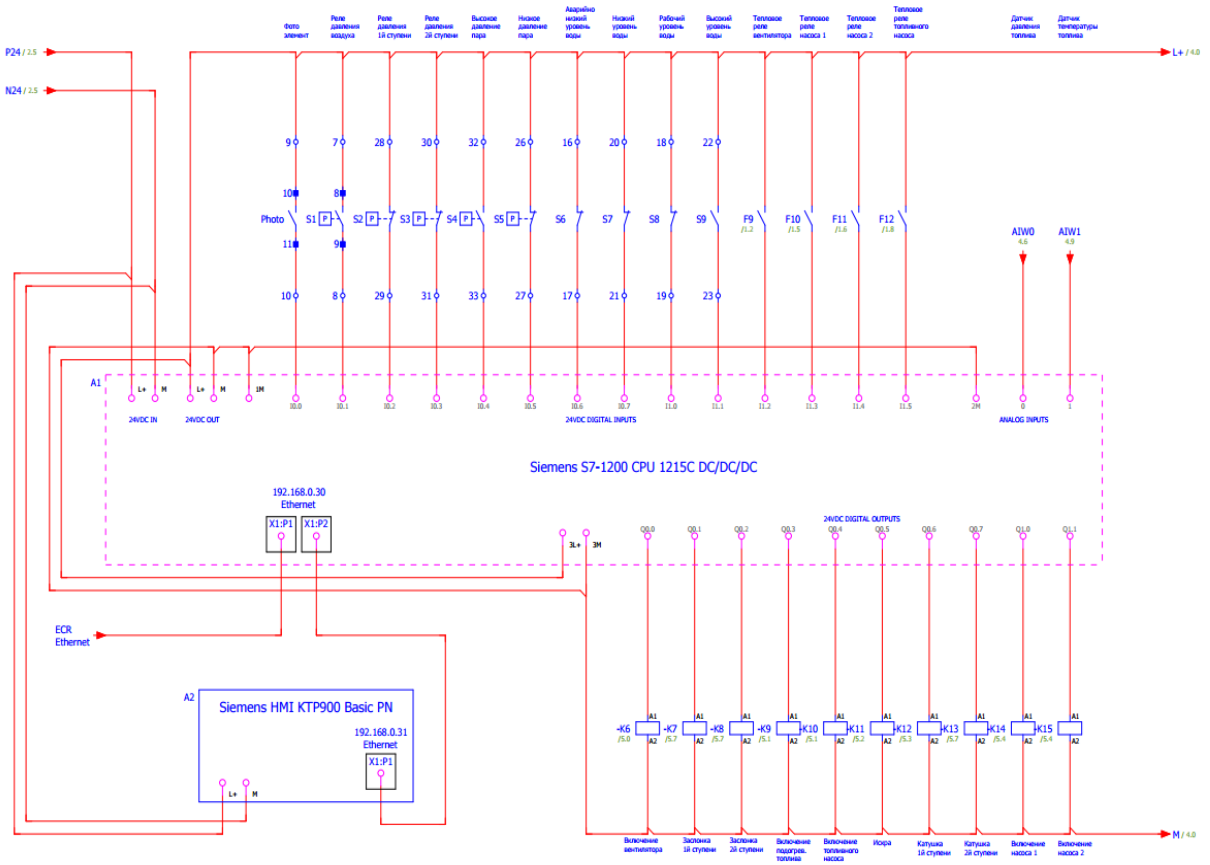


Рис. 2. Модернизированная схема управления

К цифровым выходам контроллера (Q0.0-Q1.1) подключены катушки промежуточных реле и контакторов K6-K15, которые управляют исполнительными механизмами системы: включением вентилятора, заслонками первой и второй ступеней, включением подогрева топлива, топливным насосом, катушками первой и второй ступеней, а также включением насосов 1 и 2.

Переход от релейно-контакторных систем к программируемым логическим контроллерам (ПЛК) обусловлен качественным скачком в эксплуатационных характеристиках оборудования.

Во-первых, представленная система обеспечивают гибкость управления: изменение алгоритмов работы достигается путем перепрограммирования, тогда как в релейных схемах это требует физической замены компонентов и перемонтажа проводки.

Во-вторых, модернизация исключает наличие механически изнашиваемых контактов. Это повышает надежность, увеличивает ресурс непрерывной работы и снижает затраты на сервисное обслуживание по сравнению с релейной аппаратурой, подверженной обгоранию и механической усталости.

В-третьих, данная модернизация отличается компактностью и многофункциональностью: один контроллер замещает множество дискретных элементов (реле времени, счетчики, промежуточные реле), упрощая схему и экономя пространство в шкафах управления.

Кроме того, система обладает более высоким быстродействием и возможностью интеграции в цифровые сети АСУ, что делает их основой для построения современной автоматизированной системы.

В рамках проведенного исследования была разработана и обоснована архитектура модернизации системы управления вспомогательным паровым котлом на базе программируемого логи-

ческого контроллера Siemens S7-1200. Предложенное техническое решение позволяет нивелировать ключевые недостатки релейно-контакторных схем. Сохранение силовой части исполнительных механизмов при полной замене цепи управления обеспечивает баланс между техническим совершенствованием и экономической целесообразностью, что критически важно для судов с ограниченным остаточным ресурсом.

Однако представленная в статье модернизация является первым этапом комплексного обновления судовой энергетической установки. Для достижения качественно нового уровня эксплуатации и безопасности в постмодернизационный период необходимо решение ряда сопутствующих задач. В первую очередь, требуется разработка методики интеграции контроллера котла в единую общесудовую диспетчерскую систему с возможностью удаленного мониторинга параметров на ходовом мостике и в машинном отделении. Кроме того, предстоит создание алгоритмов предиктивной аналитики, позволяющих на основе архивируемых данных (трендов давления, температуры, наработки) прогнозировать остаточный ресурс насосов и вентиляторов, переходя от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию.

Отдельным направлением дальнейшей работы является адаптация программного обеспечения контроллера под изменяющиеся режимы работы судна и разработка тренажерных комплексов для подготовки обслуживающего персонала к работе с новой цифровой системой. Таким образом, предложенная модернизация создает аппаратную платформу, открывающую возможность для последующей цифровизации процессов технической эксплуатации, что в конечном итоге продлевает безопасную и рентабельную службу судна вплоть до плановой замены корпуса.

Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Том XI. Системы и трубопроводы. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2023. – 315 с.

2. *Бурков А.И.* Автоматизация судовых энергетических установок. – М.: Моркнига, 2018. – 256 с.

3. *Виноградов В.А.* Программируемые логические контроллеры в судовых системах управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 198 с.

4. SIMATIC S7-1200 Programmable controller. System Manual. – Siemens AG, 2022.

УДК 697.1:681.5

А.О. Рогожников

Камчатский государственный технический университет
Петропавловск-Камчатский, 683003
aleksei17_90@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ОТОПЛЕНИЕМ ПО ДАННЫМ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМЕЩЕНИЙ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ С ВЫВОДОМ НА HMI И ИНТЕГРАЦИЕЙ В СИСТЕМУ «УМНЫЙ ДОМ»

В статье выполнен технический обзор управления водяным отоплением по данным датчиков температуры помещений (T_{room}), теплоносителя на подаче и обратке (T_{supply}/T_{return}) и наружного воздуха (T_{out}) с отображением параметров на HMI и интеграцией в систему «умный дом». Обосновано, что наиболее устойчивые решения строятся по многоуровневой архитектуре. На нижнем уровне погодозависимый контроллер формирует целевую температуру подачи по отопительной кривой и включает котел релейным выходом при наличии запроса тепла (Demand). На среднем уровне коммуникационный модуль связывает котел с IP-сетью, обеспечивает удаленный интерфейс, уведомления и сервисную диагностику. На верхнем уровне HEMS-хаб агрегирует данные, реализует сценарии по T_{room}, ведет журнал событий и выводит состояние системы на локальный HMI-экран. Подход проиллюстрирован примерами tekmar 256, Navien NaviLink и Panasonic AiSEG2. Предложен минимальный набор отображаемых параметров и событий для оценки энергоэффективности и повышения надежности эксплуатации. Показаны типовые точки подключения: вход Demand, датчики улицы и подачи, а также протоколы внутри HEMS для обмена данными и командами.

Ключевые слова: погодозависимое регулирование, водяное отопление, температура теплоносителя, датчики температуры помещений, уличный датчик, HMI, умный дом, HEMS, RS-485, ECHONET Lite.

A.O. Rogozhnikov

Kamchatka State Technical University
Petropavlovsk-Kamcharsky, 683006
aleksei17_90@mail.ru

HEATING CONTROL BASED ON ROOM, TEMPERATURE SENSORS IN FISH PROCESSING FACILITIES WITH HMI DISPLAY AND INTEGRATION INTO A SMART HOME SYSTEM

This paper reviews hydronic heating control based on room temperature (T_{Room}), supply and return water temperature (T_{supply}/T_{return}) and outdoor temperature (T_{out}), with HMI visualization and smart home integration. It shows that practical systems are layered. At the lower layer, an outdoor reset controller computes a target supply temperature from the heating curve and drives a single stage boiler via relay output when a heat demand signal is present. At the middle layer, a communication module bridges the boiler interface to the home IP network, enabling remote UI, alerts and service diagnostics. At the upper layer, a HEMS hub aggregates data, runs comfort scenarios using T_{room}, logs events and presents status on a local HMI screen. The approach is illustrated by tekmar 256, Navien NaviLink and Panasonic AiSEG2. A minimal set of HMI variables and event records is proposed for efficiency analysis and reliable operation. Typical connection points are shown: Demand input, outdoor and supply sensors, and internal HEMS protocols for data and command exchange.

Key words: outdoor reset, hydronic heating, supply water temperature, room temperature sensors, outdoor sensor, HMI, smart home, HEMS, RS-485, ECHONET Lite.

Управление отоплением по данным трех групп температур решает разные инженерные задачи. Наружная температура (T_{out}) используется для оценки теплопотерь и расчета требуемой температуры подачи по отопительной кривой. Температура теплоносителя (T_{supply}/T_{return}) описывает

фактический режим в гидравлическом контуре и необходима для устойчивого регулирования источника тепла, а также для ограничений и защит. Температура в помещениях (T_{room}) выступает конечным критерием комфорта и применяется для формирования запросов тепла по зонам, для режимов «комфорт/эконом/отъезд» и для приоритизации помещений. Поэтому на практике устойчивые решения чаще строятся как многоуровневая архитектура: низовой регулятор удерживает базовый физический контур, цифровой слой обеспечивает связь и диагностику котла, а верхний уровень «умного дома» реализует сценарии и визуализацию на HMI [1–3].

Если описывать систему как поток сигналов и команд, то датчик улицы и датчик подачи задают основу погодозависимого управления (T_{out} → расчет целевой T_{supply}), а датчики помещений влияют через формирование сигнала запроса тепла (Demand) и через сценарии верхнего уровня. Отдельно выделяется слой связи с котлом, который передает статусы, уставки и события в приложение или на локальный HMI. Такой подход разделяет ответственность: низовой регулятор обеспечивает физику и стабильность, верхние уровни отвечают за удобство эксплуатации, наблюдаемость и логику использования дома [1, 2].

В качестве низового уровня показателен tekmar Boiler Control 256 (США/Канада), поскольку он демонстрирует типовую реализацию погодозависимого регулирования в водяных системах отопления. Производитель указывает, что модель 256 рассчитана на управление одноступенчатым источником тепла и реализует погодозависимую коррекцию уставки температуры подачи по температуре наружного воздуха [4]. В котельной такой контроллер обычно размещают рядом с котлом или на оборудовании, чтобы было удобно подводить датчики и цепи управления (рис. 1) [4].



Рис. 1. Пример размещения контроллера tekmar на котле/в котельной

В логике включения модель 256 опирается на наружный датчик и датчик температуры воды, а необходимость нагрева получает извне через сигнал запроса тепла (Boiler Demand) [4]. Типовая схема подключения (рис. 2) показывает, что погодозависимый расчет и вход Demand отделены друг от друга, поэтому комнатные датчики и зональные устройства могут формировать запрос тепла, не вмешиваясь в расчет целевой температуры подачи [4].

Команда на котел реализована через релейный выход, а питание выполнено по низковольтной схеме 24 VAC [4]. Локальная индикация на контроллере решает задачу контроля и наладки, а интеграция в «умный дом» обычно выполняется проектно через вход запроса тепла, режимы и внешние шлюзы, при этом базовый погодозависимый контур сохраняется [3, 4].

Цифровую связность источника тепла и удаленный пользовательский интерфейс иллюстрирует Navien NaviLink (корейский производитель, решение широко представлено на рынке США). Это коммуникационный модуль и программная связка, которая позволяет пользователю удаленно управлять параметрами оборудования и получать эксплуатационные данные и диагно-

стические уведомления в приложении [5, 6]. В установке NaviLink размещают рядом с агрегатами и подключают к совместимому оборудованию, после чего модуль работает как связующее звено между котлом и IP-сетью здания (рис. 3) [5].

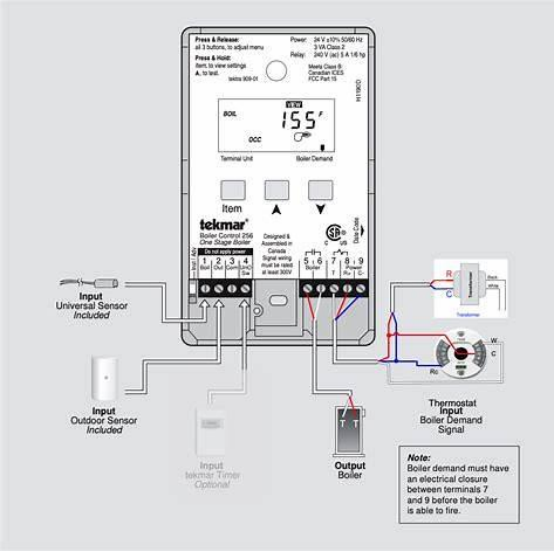


Рис. 2. Пример схемы подключения tekmar 256 с датчиками и входом запроса тепла (Demand)



Рис. 3. Пример подключения NaviLink к одному или нескольким агрегатам Navien (модуль рядом с оборудованием)

В руководстве описывается подключение к оборудованию через интерфейс коммуникации на стороне котла и последующая работа через Ethernet/Wi-Fi и приложение [6]. Для корректного обзора важно отметить экосистемность решения: совместимость привязана к линейкам оборудования производителя, поэтому NaviLink является цифровым расширением конкретной платформы [5, 6]. В связке с погодозависимым контуром такой слой дает практический эффект: появляется удобный удаленный HMI, уведомления и сервисная наблюдаемость котла без необходимости изменять сам принцип расчета T_{supply} по погоде [2, 3].

Верхний уровень, который связывает температурные сценарии по помещениям (T_{room}), локальную визуализацию на HMI и логику «умного дома», демонстрирует японский подход HEMS на примере Panasonic AiSEG2 (MKN713). Здесь устройство выступает центром интеграции: агрегирует данные, управляет подключенными домашними системами и формирует единый контур сценариев и отображения. В демонстрационных и проектных материалах AiSEG2 обычно показывают, как узел связывает домашние подсистемы, коммуникационную инфраструктуру и экран HMI в единую структуру (рис. 4) [7].

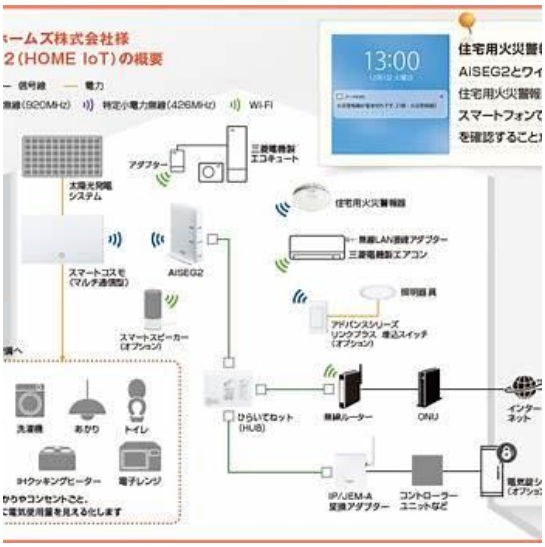


Рис. 4. Пример конфигурации HEMS с AiSEG2
(структура подключения устройств и HMI в системе дома)

Производитель описывает модель MKN713 как вариант AiSEG2 с 7-дюймовым монитором и позиционирует решение как ядро Smart HEMS/IoT дома [7]. Дополнительная особенность японской модели связана с интеграцией устройств по стандартным протоколам. В документах ECHONET Consortium ECHONET Lite описан как спецификация домашней сети/объектной модели устройств, применяемая для взаимодействия оборудования в HEMS-контуре [8]. В такой архитектуре AiSEG2 уместно трактовать как уровень сценариев и визуализации, который не обязан напрямую регулировать T_{supply}, но задает режимы и интеграционные связи для обмена данными и командами [7, 8].

Обобщение трех примеров дает практичную модель без функциональных конфликтов. Низовой уровень (tekmar 256) обеспечивает базовый физический контур, вычисляет целевую T_{supply} по T_{out} и включает котел при наличии Demand [4]. Средний уровень (NaviLink) обеспечивает цифровую наблюдаемость источника тепла, удаленный интерфейс, уведомления и эксплуатационные данные через полевую связь и IP-сеть [5, 6]. Верхний уровень (AiSEG2) обеспечивает локальный HMI и сценарии по температурной информации в логике HEMS, что соответствует задаче передачи информации на HMI-экран и в систему «умного дома» [1, 7, 8].

Для практического проектирования важно определить минимальный набор данных, который должен отображаться на HMI и фиксироваться в журнале событий. Как минимум целесообразно показывать T_{out}, T_{supply} (и при возможности T_{return}), T_{room} по зонам, выбранные уставки и режимы, состояние Demand, состояние котла и аварийные сообщения. Журнал событий должен содержать изменения режимов, выходы за пороги температур, срабатывания защит, отключения по погоде и сервисные ошибки. Такой набор позволяет выполнять оценку энергоэффективности и упрощает диагностику при эксплуатации [2, 3].

Приведенные в таблице сведения о функциональных возможностях, технических характеристиках и ориентировочной стоимости рассматриваемого оборудования обобщены на основании данных производителей и специализированных поставщиков [7, 9, 10].

Рассмотренные примеры показывают, что управление отоплением по T_{room}, T_{out} и T_{supply} целесообразно реализовывать как многоуровневую систему [1–3]. Погодозависимый низовой контур обеспечивает стабильность и энергоэффективность, так как удерживает требуемую температуру подачи по отопительной кривой и сохраняет работоспособность при наличии сигнала Demand [3, 4]. Цифровой слой котла повышает сервисность благодаря удаленному интерфейсу, уведомлениям и диагностике [2, 5, 6]. Верхний уровень «умного дома» обеспечивает сценарии комфорта по T_{room}, визуализацию на локальном HMI и интеграцию подсистем на основе HEMS-подхода [1, 7, 8]. Для практической реализации рекомендуется разделять функции по уровням и фиксировать на HMI минимально необходимый набор температур, уставок, режимов и событий, что упрощает эксплуатацию и позволяет оценивать эффективность системы [2, 3].

Сравнительная таблица трех решений

Критерий	tekmar Boiler Control 256	Navien NaviLink	Panasonic AiSEG2 MKN713
Роль в системе	Низовой контроллер, погодозависимое регулирование	Коммуникационный модуль котла и удаленный HMI	HEMS-центр, локальный HMI и сценарии
Температуры в прямом контуре	T_{out} и T_{supply}, расчет целевой подачи	Уставки и параметры оборудования, управление через приложение	Температурные сценарии и визуализация через HEMS-устройства
Исполнительное воздействие	Реле на котел, работа по Demand	Команды котлу в рамках экосистемы производителя	Режимы и команды устройствам через HEMS
Интерфейсы/связь	Клеммы, релейный выход, автономный контур	Полевая связь с котлом + Ethernet/Wi-Fi в IP-сеть	Домашняя сеть, HEMS-интеграция, ECHONET Lite
HMI	Локальная индикация контроллера	Мобильное приложение	Встроенный монитор 7"
Ориентир цены	около $215	около $208	около $512

Литература

1. *Баева Е.А., Баев А.А.* Система интеллектуального управления и мониторинга помещений «Умный дом» [Электронный ресурс] // Символ науки. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-intellektualnogo-upravleniya-i-monitoringa-pomescheniy-umnyy-dom (дата обращения: 20.01.2026).
2. Оперативный дистанционный мониторинг в системе городского теплоснабжения на основе беспроводных сенсорных сетей / *А.Г. Финогеев, В.Б. Дильман, В.А. Маслов, А.А. Финогеев.* – 2010 [Электронный ресурс]. – URL: https://izvuz_tn_eng.pnzgu.ru/files/izvuz_tn_eng.pnzgu.ru/3310.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
3. *Васюхно Н.С., Липатов М.С.* Применение погодозависимого регулирования для снижения энергопотребления жилого здания [Электронный ресурс] // Дневник науки. – 2023. – URL: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2023/1/technics/Vasyukhno_Lipatov.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
4. Watts (tekmar). Boiler Control 256: Installation & Operation Manual (256-D-08) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.watts.com/dfsmedia/0533dbba17714b1ab581ab07a4cbb521/81347-source/638820695720000000/256-d-08.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
5. Navien. NaviLink Wi-Fi Control – Downloads (manuals/specs/brochures). [Электронный ресурс]. – URL: https://www.navieninc.com/accessories/navilink-wi-fi-control/downloads (дата обращения: 20.01.2026).
6. Navien. NaviLink User Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tanklessparts.com/mm5/graphics/00000001/NaviLink-User-Manual.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
7. Panasonic. スマートHEMS(R)の中核機器「AiSEG2（7型モニター機能付）」を発売 (MKN713, 80,000円 税抜). 2016 [Электронный ресурс]. – URL: https://news.panasonic.com/jp/press/jn160728-1 (дата обращения: 20.01.2026).
8. ECHONET Consortium. ECHONET Lite Specification. Version 1.14 (2022-09-30) [Электронный ресурс]. – URL: https://echonet.jp/wp/wp-content/uploads/pdf/General/Standard/ECHONET_lite_V1_14_en/ECHONET-Lite_Ver.1.14%2800%29_E.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
9. SupplyHouse.com. Tekmar 256 Outdoor Reset Boiler Control (карточка товара) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.supplyhouse.com/Tekmar-256-Boiler-Control-One-Stage-Boiler-4150000-p (дата обращения: 20.01.2026).
10. Boston Heating Supply. Navien PBCM-AS-001 Navi Link Wi-Fi Remote Control (карточка товара) [Электронный ресурс]. – URL: https://bostonheatingsupply.com/pbcm-as-001.aspx (дата обращения: 20.01.2026).

Секция 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

УДК 629.5.06

Р.А. Гараев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: yesproinpast@gmail.com

ВИДЫ ПРОЦЕДУР ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ ВАЛОПРОВОДА И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ПРОВЕДЕНИЮ

С каждым годом требования международных классификационных обществ, включая Российский морской регистр судоходства, к состоянию судовых технических средств и конструкций постоянно ужесточаются. В статье приведены основные процедуры освидетельствования валовых линий морских судов в процессе постройки и эксплуатации судна. Обозначены применяемые методы освидетельствований и требования к элементам валопровода при контроле всей пропульсивной системы. Особое внимание уделено изменениям в валопроводе, при которых требуется выполнить расчет крутильных колебаний. Отмечено значение результатов освидетельствования для подтверждения технической исправности валопровода, допуска судна к эксплуатации и обеспечения надежной работы пропульсивной установки.

Ключевые слова: валопровод, освидетельствование, классификационное общество, пропульсивная установка, гребной вал, крутильные колебания.

R.A. Garaev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: yesproinpast@gmail.com

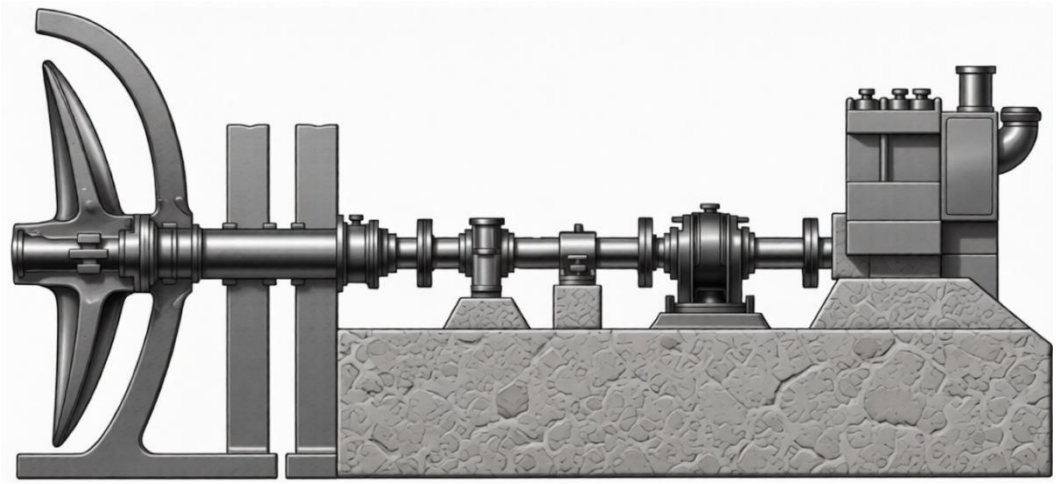
TYPES OF SHAFTING INSPECTION PROCEDURES AND REQUIREMENTS FOR THEIR IMPLEMENTATION

Each year the requirements of international classification societies, including the Russian Maritime Register of Shipping, for the condition of ship technical equipment and structures are becoming increasingly stringent. This article presents the basic procedures for inspecting the shafting of seagoing vessels during construction and operation. The survey methods used and the requirements for shafting components during inspection of the entire propulsion system are outlined. Particular attention is paid to changes in the shafting that require torsional vibration calculations. The importance of inspection results for confirming the technical integrity of the shafting, permitting the vessel for operation and ensuring the reliable operation of the propulsion system is highlighted.

Key words: shafting, inspection, classification society, propulsion system, propeller shaft, torsional vibrations.

Валопровод морского судна (представлен на рисунке) образует конструктивный комплекс, через который двигатель передает крутящий момент движителю (гребному винту), обеспечивая эффективное движение судна и устойчивость работы всей пропульсивной системы при нагрузках и вибрациях. Валопровод стандартного морского судна состоит из системы различных валов, последовательно соединенных между собой различными конструктивными соединениями, и включает гребной вал, промежуточные валы, упорный вал, подшипники, дейдвудное устройство, а также уплотнительные, тормозные, токосъемные и другие вспомогательные устройства, обеспечивающие стабильную и безопасную работу линии вала. Во время движения судна раз-

личные элементы валопровода воспринимают осевые и радиальные нагрузки, способные вызывать крутильные колебания [1, 2]. Сами по себе крутильные колебания, согласно [3] – это колебательные угловые деформации (скручивание) валопровода при вращении. Длительное воздействие совокупности крутильных, поперечных и продольных колебаний может привести к отказу отдельных элементов валопровода и потери маневренных качеств судна, что может привести к аварийной ситуации [4].



Валопровод морского судна

Для предупреждения подобных ситуаций и поддержания надежной работы судовой пропульсивной системы его состояние подлежит систематической оценке и контролю в процессе принятия судна после постройки и ремонта, а также во время его эксплуатации. Классификационные общества, включая Российский морской регистр судоходства (Регистр), устанавливают строгие требования к освидетельствованиям валопровода, направленные на однозначное подтверждение соответствия его проектным характеристикам и нормативным требованиям безопасной эксплуатации.

Освидетельствования судового валопровода проводят как обширный комплекс мероприятий, включающих визуальный осмотр, проверку соединений, диагностирование состояния подшипников, дейдвудного устройства и различных уплотнительных элементов, включая контроль геометрических и эксплуатационных параметров.

Основные требования к процедурам проведения освидетельствования валопроводов содержатся в пункте 2.11 «Освидетельствование валопроводов, движителей и САУС» нормативного документа Российского морского регистра судоходства «Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации [5].

В соответствии с данными требованиями, одним из ключевых условий является тщательная очистка и подготовка всех элементов валопровода, обеспечивающая полное отсутствие сомнений у инспектора при оценке их технического состояния. Частота проведения освидетельствований определяется конструктивными особенностями валов, типом соединения гребного вала с винтом, системой охлаждения и смазки дейдвудного вала. В значительной степени от последнего зависят и методы освидетельствования.

Регистр различает четыре метода освидетельствования судовых валопроводов. Первые три из них предназначены для систем с масляной смазкой или замкнутой системой смазки пресной водой, тогда как четвертый применяется исключительно для валопроводов с открытой системой смазки забортной водой.

Первый метод представляет собой полное освидетельствование валопровода с комплексной проверкой всех его элементов и контроля их технического состояния. В основу метода заложена полная выемка дейдвудного вала с обеспечением свободного доступа для визуального осмотра и проведения измерений как самого вала, так и втулок дейдвудных подшипников, а также элементов уплотнений. Метод направлен на обеспечение всесторонней оценки фактического технического состояния всех ответственных элементов валовой линии, работающих в наиболее тяжелых условиях с высоким риском возникновения дефектов и коррозийного поражения.

Основное внимание при таком освидетельствовании уделяется выявлению изгибов, трещин, усталостных повреждений и иных дефектов. В случае наличия сомнений в правильной центровке вала и геометрии прибегают к его проверке на станке. Вместе с этим проводят тщательный осмотр всех дейдвудных уплотнений с оценкой их целостности, проводят полную замену резинотехнических изделий в соответствии с требованиями завода-изготовителя либо по результатам фактического состояния.

В рамках освидетельствования проводится контроль состояния дейдвудной трубы со всеми ее элементами. Для конусного соединения гребного вала с гребным винтом, последний подлежит обязательной спрессовке. Выявления скрытых дефектов проводят при помощи неразрушающего контроля конусной части вала и прилегающих зон одобренным Регистром методом, а результаты дефектоскопии представляются инспектору. При фланцевом соединении аналогичному осмотру подвергают цилиндрическую часть вала, фланец и галтель, а при необходимости проводят неразрушающий контроль соединительных болтов и галтели фланца. Обнаруженные повреждения подлежат устранению только по технологии, заранее одобренной Регистром. В соответствии с требованиями, максимальный интервал между последовательными освидетельствованиями по данному методу, вместе с учетом возможных продлений, не должен превышать 22,5 года.

Второй метод представляет собой модифицированное освидетельствование валопровода и выполняется без выемки или подвижки дейдвудного вала. Основным условием проведенного подобного осмотра является наличие на судне внедренной и документально подтвержденной системы контроля состояния валопровода (КСВ), обеспечиваемой судовладельцем на постоянной основе и одобренной Регистром. Эффективность применения данной системы подлежит подтверждению инспектором при первом внедрении и затем при каждом последующем освидетельствовании.

В рамках модифицированного освидетельствования проводится осмотр визуально доступных участков валопровода, включающих носовой подшипник, цилиндрические части валов, фланцы и галтели, а также все доступные элементы дейдвуда. При конусном соединении гребного вала с винтом последний подлежит спрессовке с последующим осмотром конуса и выполнением неразрушающего контроля на наиболее напряженных участках. Дополнительно инспектором анализируются все эксплуатационные данные согласно КСВ, в том числе записи судовых журналов, результаты прошлых замеров и данные анализа агентов системы смазки и охлаждения. При постоянном освидетельствовании судна вторым методом и удовлетворительных результатах контроля к основному символу класса судна должен быть добавлен знак TMS (Tailshaft Modified Survey), подтверждающий введение на судне метода модифицированного освидетельствования валопровода. При положительных результатах знак сохраняется до момента выведения судна из системы КСВ или предъявления валопровода другим методом.

Третий метод представляет собой частичное освидетельствование валопровода и является наименее трудоемким среди всех остальных способов освидетельствования, применяемых для валовой линии с масляной смазкой или замкнутой системой смазки пресной водой. Освидетельствование этим методом проводится без выемки или подвижки дейдвудного вала, а также спрессовки гребного винта, что и обусловливает меньший объем выполняемых работ.

Применение данного метода возможно только при условии наличия на судне системы контроля состояния валопровода (КСВ), соответствующей тем же требованиям, что и во втором методе. Освидетельствование включает осмотр всех визуально доступных элементов валопровода, а также проведение замеров в дейдвудных подшипниках и величины просадки гребного вала в присутствии инспектора, что позволяет напрямую оценить степень износа и технологичность работы опор. Обязательным также является осмотр гребного винта на предмет повреждений, способных вызвать его последующую разбалансировку.

Заключительной частью третьего метода является анализ эксплуатационной документации и диагностических данных. Инспектором должны быть проанализированы записи машинных и судовых журналов, результаты последних измерений, а также данные анализа рабочих агентов системы смазки и охлаждения. Особенность данного метода заключается в том, что он непригоден для конструкции со шпоночным конусным соединением.

При этом независимо от метода освидетельствования и типа конструкции соединения гребного вала с винтом, валопровод с масляной смазкой или с замкнутой системой смазки пресной водой подлежит обязательному освидетельствованию с периодичностью не реже одного раза в пять лет.

Для валопровода с открытой системой смазки забортной водой применяется исключительно четвертый метод, включающий полное освидетельствование, объем выполняемых операций которого практически аналогичен одноименному первому методу, осуществляемому для валопроводов с замкнутыми системами смазки. Он предусматривает обязательную выемку дейдвудного вала с обеспечением доступа для визуального осмотра и проведения контрольных обмеров как самого вала, так и втулок дейдвудных подшипников и их уплотнений. Основной целью проверки является всесторонняя оценка технического состояния валопровода, работающего в условиях непосредственного воздействия морской среды.

Регистр устанавливает строгие требования к проверке и освидетельствованию валопроводов с открытой системой смазки забортной водой. Для конусных бесшпоночных соединений максимально допустимый интервал между двумя последовательными спрессовками гребного винта и проверками конуса вала не должен превышать 15 лет. Валопроводы одновальных судов, эксплуатируемые исключительно в пресной воде, или с системой предотвращения коррозии, либо с валами из коррозионностойкой стали, а также все многовальные установки подлежат освидетельствованию четвертым методом с интервалом не более пяти лет. Для всех остальных конфигураций валопроводов устанавливается срок проведения проверок каждые три года.

По итогам проведенного освидетельствования, вне зависимости от выбранного метода, инспектор Регистра выносит решение о соответствии или несоответствии валопровода требованиям правил постройки. Валопровод признается несоответствующим, если при осмотре выявлены износы, повреждения или неисправности, превышающие допустимые нормы или представляющие опасность для дальнейшей эксплуатации судна. Несоответствие также фиксируется при выявлении повышенной вибрации, посторонних звуков в дейдвуде, чрезмерного нагрева подшипников или нарушений работы системы смазки.

Особые требования при освидетельствовании выдвигаются к расчету крутильных колебаний валовой линии морского судна. В частности, к изменениям в конструкции валопровода, при которых требуется выполнить повторные вычисления, относят установку главного двигателя другой марки или с другими параметрами, маховика с отличающимся моментом инерции, демпфера, антивибратора, эластичной муфты, редуктора или гребного винта с другими характеристиками, а также замена ВРШ на ВФШ и наоборот. Кроме того, расчет также необходим при изменении податливости валов более чем на 5% или замене двигателей, генераторов, компрессоров и насосов на агрегаты другой марки.

Крутильные колебания валовой линии могут оцениваться расчетными и экспериментальными методами. Расчетный метод основан на использовании систем с сосредоточенными (дискретная модель) [6] и распределенными параметрами [7] и применяется для определения собственных частот и форм колебаний валовой линии. Экспериментальные методы предусматривают снятие торсиограмм, тензограмм и виброграмм на действующем валопроводе. Нормативными требованиями Регистра предусматривается применение комбинированного подхода, при котором результаты расчетов сопоставляются с данными измерений, что позволяет более точно оценить динамическое состояние валовой линии и выявить возможные отклонения от нормативных характеристик.

Техническое состояние валопровода напрямую влияет на надежность, безопасность и эффективность эксплуатации судна. Неисправности валовой линии, включая износы, дефекты и усталостные деформации могут привести к возникновению аварийных ситуаций.

Проведенный анализ показал, что установленная Регистром система периодических освидетельствований валопровода, основанная на разделенном применении четырех методов контроля, выбор которых определяется конструктивным исполнением валопровода, типом системы смазки и условиями эксплуатации, обеспечивает всестороннюю оценку его технического состояния на всех этапах жизненного цикла судна. Особое значение при этом имеет контроль крутильных колебаний, выполняемый совокупностью расчетных и экспериментальных методов, позволяющей своевременно выявлять нарушения в работе системы и принимать обоснованные технические решения по обеспечению надежной эксплуатации судовой пропульсивной установки.

Литература

1. *Терских В.П.* Расчеты крутильных колебаний силовых установок: В 2 т. – М.: Машгиз, 1953. – Т. 1. – 260 с.

2. *Царенко С.Н., Роменский Д.И., Корж А.С.* Исследование резонансных явлений крутильных колебаний валопроводов гребных винтов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 67. – С. 8-20.

3. ГОСТ Р ИСО 3046-5-2004. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 5. Крутильные колебания. – М.: Стандартинформ, 2005. –

4. *Царенко С.Н., Кибиткин В.В.* Упрощенный метод определения крутящего момента на коленчатом валу дизельного двигателя // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XVI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 18–19 марта 2025 года). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2025. – С. 76–80.

5. Российский морской регистр судоходства. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации: НД 2-020101-012 – СПб.: РМРС, 2025. – 470 с.

6. *Ефремов Л.В.* Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий: Монография / РАН Институт проблем машиноведения. – СПб.: Наука, 2007. – 276 с.

7. *Царенко С.Н., Горбачев М.М., Зайцев С.А.* Исследование крутильных колебаний валопровода на основе модели многоступенчатого стержня. – Судостроение. – 2025. – № 2 (879). – С. 24–30.

УДК 629.5.06

Д.И. Зайцев, Р.А. Гараев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: dimaz020507@gmail.com

МЕТОДЫ ТОРСИОГРАФИРОВАНИЯ ВАЛОВОЙ ЛИНИИ МОРСКОГО СУДНА

Статья посвящена торсиографированию как одному из методов диагностики судовых энергетических установок. Установление причины аварий, связанных с машинно-движительными комплексами, и принятие мер по недопущению в будущем является достаточно важной научно-прикладной задачей, направленной на повышение экономической эффективности работы судна. Рассмотрены основные причины возникновения поломок, а также методы снятия торсиограммы. Изложены принципы построения крутильных схем валопроводов и основные методы их расчета. Представлена сравнительная характеристика существующих методик с точки зрения практической применимости, а также рассмотрены их ключевые преимущества и недостатки.

Ключевые слова: валопровод, торсиограф, торсиографирование, крутильные колебания.

D.I. Zaitsev, R.A Garaev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: dimaz020507@gmail.com

METHODS OF TORSION MEASUREMENT OF A SHIP'S SHAFT LINE

This article focuses on torsiography as a diagnostic method for ship propulsion systems. Determining the cause of accidents involving machinery and propulsion systems and taking preventative measures is a significant scientific and applied task aimed at improving the economic efficiency of ship operations. The causes of failures and methods for recording torsiograms are discussed. The principles of constructing torsional shafting diagrams and the main methods for their calculation are outlined. A comparative analysis of existing methods is presented in terms of their practical applicability, along with their key advantages and disadvantages.

Key words: shaft system, torsiograph, torsiography, torsional vibrations.

Торсиографирование – это процедура, включающая в себя измерение параметров вибрации, а также крутильных и изгибных колебаний, возникающих в коленчатом валу и сопряженных с ним вращающихся элементах. Основная идея этого процесса – определение критических напряжений в запчастях вала в моменты отклика, которые могут оказаться причиной разрушения двигателя. Начиная с 1955 г. данные замеры стали обязательными и важными из-за большого внедрения многоцилиндровых двигателей внутреннего сгорания в морские силовые установки, что привело к увеличению аварийности протяженных валопроводов. Внедрение торсиографов заметно сократило количество неисправностей, тем самым повысив безопасность эксплуатации судовых силовых установок.

Можно сказать, что на текущий момент диагностика и мониторинг технического положения двигателей и их составляющих на судах регламентируются ГОСТ Р ИСО 13373-1-2009 и ГОСТ Р ИСО 3046-5-2004, а также критериями международных классификационных обществ, таких как Российский морской регистр судоходства.

К таким критериям относят принятые нормы, которые требуют проведения торсиографирования валопроводов как на строящихся судах, так и на действующих в рамках модернизации судовых силовых установок (ССУ). Этот процесс является дополнением к общепринятым расчетам крутильных колебаний [1]. Контрольные замеры выполняются в стадии пуска и остановки установки, а также при возникновении нестабильных режимов ее работы.

В современных же судовых дизелях для устранения крутильных колебаний валопроводов в большинстве случаях используются пружинные и силиконовые демпферы. Они обладают большим рабочим ресурсом, по окончании которого необходимо проведение диагностики технического состояния данных устройств [2].

Постоянный контроль повреждения демпферов позволяет выявить неизвестные повреждения на ранней стадии и устранить серьезные поломки, в том числе и те, которые могут создать угрозу для жизни и здоровья персонала. Своевременная диагностика сократит простои судна, продлевая потенциал оборудования и повышает качество его работы.

Есть множество специалистов из разных компаний, которые выполняют оценку технического состояния и остаточного потенциала демпферов крутильных колебаний без разбора узлов. По итогам диагностики выдаются предложения по дальнейшей эксплуатации установки. Все функционирование выполняется в быстром порядке, с участием современного оборудования и специализированного ПО для анализа торсиограмм [3].

Торсиография на судах проводится с помощью специальных приборов, фиксирующих кручение и изгибание напряжения в элементах судового валопровода, называющихся торсиографами, которые крепятся на критических участках вала и механизмов. Измерения могут быть как статические во время швартовки, так и динамические, во время движения судна. Пример проведения торсиографирования судового валопровода показан на рисунке.



Торсиографирование судового валопровода

Во время снятия торсиограммы прибор крепится к исследуемому объекту. В случае если проводится торсиографирование крутильных колебаний коленчатых валов форсированных дизелей торсиограф жестко крепится к демпферу коленчатого вала. А в некоторых случаях торсиограф крепится к стенке вала исследуемой энергетической установки с помощью резьбового соединения, который имеется на корпусе.

На практике обычно выделяют следующие виды торсиографирования:

– первый вид – это статическая торсиография, при которой проводят оценку напряжений при нахождении судна в порту;

– второй вид – это динамическая торсиография, представляющая собой мониторинг напряжений в процессе эксплуатации при различных рабочих режимах;

– третий вид – это торсиографирование валопроводов судовых энергетических установок, позволяющее определить напряженно-деформированное состояние в системе валопровода, выявить опасные зоны работы и рассчитать безопасные эксплуатационные режимы работы.

– четвертый вид – это электронное торсиографирование, основанное на исследовании крутильных колебаний валов с помощью торсиографов, цель которого состоит в установлении резонансного числа оборотов и развития амплитуд вынужденных колебаний в установке.

Помимо четырех видов торсиографирования существуют и три метода его выполнения [4]. В судовой практике наибольшее распространение получил механический вид торсиографирования. Работа механического торсиографа основана на использовании инерционного маховика, шарнирно закрепленного на исследуемом валу через пружину кручения. При возникновении крутильных колебаний вал и маховик совершают относительные угловые перемещения, в ре-

зультате чего маховик отстает или опережает колебания вала. В результате возникающая разность движений передается на пишущее устройство, которое с помощью рычажного механизма вычерчивает торсиограмму на ленте лентопротяжного механизма. При этом приемная часть торсиографа, это легкий валик, имеет жесткое соединение с валом и улавливает его крутильные колебания. В свою очередь инерционная масса, соединенная с приемной частью системой мягких пружин, вращается с почти постоянной угловой скоростью. Записывающее устройство регистрирует разность угловых перемещений между приемной частью и маховиком, возникающую под действием крутильных колебаний.

Оптический метод применяется реже, но постепенно начинает вытеснять механический, и основан на применении оптических датчиков и специальных отражающих элементов. В этом случае измерения выполняются с использованием отражательной ленты, которая крепится на вращающемся валу. Схема работы оптического торсиографа заключается в создании светового или лазерного луча, излучаемого из измерительного устройства и отражаемого от отражательной поверхности на валу. Отраженный сигнал передается в регистрирующий блок, где осуществляется его обработка и спектральный анализ, а также автоматическое формирование отчетов по результатам измерений крутильных колебаний.

Следующим способом является электрическое торсиографирование [5], в этом способе механическая система передачи сигнала к пишущему перу заменяется электрической измерительной цепью. В состав такой системы входит преобразователь механических перемещений в электрический сигнал, усилитель и средства регистрации, в качестве которых применяются шлейфные или электронные осциллографы. Данный подход позволяет регистрировать крутильные колебания в электрической форме и проводить их последующий анализ с высокой временной разрешающей способностью.

Диагностика крутильных колебаний помогает найти множество факторов, которые ведут к аварийному состоянию судового валопровода. К числу основных причин относятся усталостные повреждения материала элементов, вызванные долгим воздействием знакопеременных напряжений, вызванных крутильными колебаниями, что инициирует формирование микротрещин, в конечном итоге приводящих к внезапному перелому коленчатого или гребного вала.

Не менее серьезной проблемой является резонанс, вызванный совпадением частоты возмущающих моментов, возникающих от эксплуатации цилиндров или гребного винта, с личной частотой колебаний валопровода [6]. Следствием становится чрезвычайный рост амплитуды и мгновенная деформация и уничтожение элементов судового валопровода. К причинам также относят неисправность демпфирующих устройств и несбалансированную работу судовой силовой установки.

Торсиографирование представляет собой процедуру, позволяющую обнаружить чрезмерные нагрузки, способные привести к разрушению отдельных узлов двигателя или элементов валопровода судна. Если при модернизации или капитальном ремонте оборудования не провести замеры крутильных колебаний проверенным способом, то значительно увеличатся риски возникновения аварийной ситуации в машинно-движительном комплексе судна.

Каждый вид торсиографирования имеет свои особенности применения и зависит от конкретных задач, заложенных в процесс снятия торсиограммы. Электрическое торсиографирование подойдет для большинства типов судов, что обосновано относительной простотой его выполнения и удобной для дальнейшего анализа снятой торсиограммой. Механический метод более оптимален для применения на низкооборотных двигателях, а оптический лучше подходит для установок с постоянной частотой вращения, имеющих винт регулируемого шага.

Литература

1. Метод измерения крутильных колебаний судовых валопроводов при помощи трехосевого акселерометра / *Ю.А. Лапин, М.В. Грибиниченко, О.С. Портнова, П.А. Андрюхина* // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2023. – № 3(56). – С. 35–45.

2. *Бородина О.Ю.* Обзор анализа факторов, влияющих на работоспособность и техническое состояние силиконового демпфера судовой энергетической установки // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2022. – № 4. – С. 9–14.

3. Перспективность применения систем мониторинга крутильных колебаний в судовых машинно-движительных комплексах / *М.Н. Покусаев, М.Ф. Руденко, М.М. Горбачев* // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2024. – № 1(407). – С. 130–140.

4. *Горелик Г.Б., Горелик Г.Б.* Крутильные колебания и торсиографирование судовых валопроводов: Конспект лекций. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2003. – 36 с.

5. *Волков И.А., Елчанинов Е.В., Сикарев С.Н.* К проблеме торсиографирования валовых линий судов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2008. – № 25. – С. 34-36.

6. *Царенко С.Н., Роменский Д.И., Корж А.С.* Исследование резонансных явлений крутильных колебаний валопроводов гребных винтов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 67. – С. 8–20. – DOI 10.17217/2079-0333-2024-67-8-20. – EDN PYWIOI.

УДК 621.565.3+621.565.7

К.В. Ким, Е.А. Степанова, В.А. Иодис, Е.Н. Горяка

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: kim@mail.ru; len_sta@ramber.ru; iodisva@mail.ru; goryaka@mail.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХОЛОДИЛЬНИКА ООО «КМП ХОЛОД ЛТД»

В статье представлен анализ холодильной установки холодильника ООО «КМП ХОЛОД ЛТД», осуществляющего хранение мороженой продукции, перегружаемой с рыбопромысловых судов. Анализ показал необходимость модернизации данной холодильной установки, а именно – переход на озонобезопасный фреон R410A, обеспечение в камерах хранения температуры минус 25°С, применение бесканальной системы воздухораспределения, использование непосредственного охлаждения, насосно-циркуляционной схемы подачи холодильного агента в испарительную систему, воздушного охлаждения конденсатора.

Ключевые слова: анализ, холодильная установка, холодильник, фреон R410a, непосредственное охлаждение, насосно-циркуляционная система, воздушный конденсатор.

K.V. Kim, E.A. Stepanova , V.A. Iodis , E.N. Goryaka

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: kim@mail.ru; len_sta@ramber.ru; iodisva@mail.ru; goryaka@mail.ru

REFRIGERATION UNIT MODERNIZATION FOR LLC “KMP KHOLOD LTD” REFRIGERATOR

The article presents an analysis of the refrigeration unit of the refrigerator LLC “KMP KHOLOD LTD”, which stores frozen products transshipped from fishing vessels. The analysis showed the need to modernize this refrigeration unit, namely, switching to ozone-safe R410A freon, ensuring a temperature of minus 25°C in the storage chambers, using a ductless air distribution system, using a direct cooling, pump-circulation system for supplying refrigerant to the evaporation system, air cooling of the condenser.

Key words: analysis, refrigeration unit, refrigerator, R410a freon, direct cooling, pump-circulation system, air condenser.

Нередко условия хранения готового продукта (рыбы, мясо и др.) после окончания технологического процесса и до попадания к потребителю не соблюдается. Соблюсти условия хранения, доставить потребителю продукты высокого качества способна созданная непрерывная холодильная цепь, включающая производственные/технологические процессы, специализированное низкотемпературное оборудование [1]. К элементам такой цепи относятся стационарные холодильные склады (производственные, заготовительные, распределительные, базисные, торговые, бытовые холодильники), рыбодобывающие/рыбоперерабатывающие суда и холодильный транспорт.

Ухудшение качества продукции, как отмечают специалисты, может происходить при нестабильности температурного режима в процессе хранения, который может возникать в процессе транспортировки, выгрузки, загрузки продукции, неподдержания температуры в камерах хранения холодильных предприятий, предприятий розничной торговли.

Поэтому для обеспечения сохраняемости скоропортящихся пищевых продуктов необходима отлаженная, четко функционирующая непрерывная холодильная цепь от добычи и переработки до потребителя с точным соблюдением температурного режима хранения [1]. Однако в нашей стране в некоторых случаях препятствием к этому служит отсутствие необходимого количества

объемов для холодильного хранения и должной транспортировки скоропортящихся продуктов. Вследствие чего, возникает необходимость в проектировании холодильных установок на основе современного оборудования, способных обеспечить максимальную сохранность пищевых продуктов при оптимальных затратах на производство холода.

Многоэтажный холодильник емкостью 10 000 т принадлежит предприятию ООО «КМП ХОЛОД ЛТД» (г. Петропавловск-Камчатский), занимающемуся хранением мороженой продукции, перегружая ее с рыбопромысловых судов. Вид продукции зависит от сезона работы, то есть во время хода лососевой путины данное предприятие принимает на хранение кету, горбушу, кижуча, а в остальное время белорыбицу – минтай, треску и морскую камбалу.

Существующая холодильная установка пятиэтажного холодильника представлена компрессорно-конденсаторным агрегатом на базе четырех компрессоров HSL JsE Hall с ресивером (Bitzer F3525L), экономайзером, масляной системой, отделителем жидкости, запорной и регулирующей арматурой, приборами защиты и контроля, силовым щитом с панелью управления, ресивером, плавным регулированием производительности. Холодопроизводительность установки, работающей на фреоне R22, составляет 830 кВт при потребляемой мощности 520 кВт. Способ отвода теплоты конденсации в окружающую среду – воздушный, с использованием конденсатора марки GVH 090 Guntner, площадью теплопередающей поверхности 2 504 м^2. Для непосредственного охлаждения камер предусмотрены воздухоохладители.

Выбор хладагента. В 70-х годах XX в. обнаружилось, что ряд фреонов наносит значительный урон озоновому слою Земли. В эту группу попал фреон R22, который при утечке постепенно разрушает озоновый слой. Однако R22 благодаря своим термодинамическим свойствам и относительно низкой стоимости продолжает использоваться в качестве хладагента. В 1987 г. на Монреальской конференции было принято решение об ограничении использования хлорсодержащих фреонов. Фреон R22 был запрещен к использованию и транспортировке с 2010 г. При этом к самому протоколу за минувшие годы был принят ряд поправок, в том числе Лондонская, Копенгагенская, Монреальская, Пекинская и Кигалийская поправка [2]. С каждым разом требования все более ужесточались и конкретизировались. Уже к 2030 г. в России будет полностью запрещена работа холодильных установок на фреоне R22. Сегодня в качестве замены фреону R22 в основном используется R404a, R407c, R410a, R407a, которые не содержат хлора. Наибольшую популярность, благодаря своим физическим свойствам, стоимости приобрел хладагент R404a [3]. Использование природных хладагентов, таких как аммиак, углеводороды (изобутан, пропан, пропилен), углекислота усложняется их взрывоопасностью, высокими рабочими давлениями.

Температурный режим холодильного хранения. Одним из основных факторов увеличения сроков хранения пищевых продуктов является температурный режим. Снижение температуры предотвращает необратимые изменения качества продуктов и уменьшает потери массы при дефростации. Существенное значение имеет также стабильность температурного режима в процессе хранения. Колебания температуры способствуют увеличению размеров кристаллов льда, уменьшению их количества, сублимации влаги. Рост размеров кристаллов льда при хранении рыбы, мяса способствует повреждению мышечной ткани и вызывает более значительное перераспределение влаги, в результате чего могут увеличиться потери тканевой жидкости при размораживании [4].

Учитывая характер зависимости количества вымороженной влаги от температуры, можно сказать, что значительная рекристаллизация льда имеет место при повышенной температуре хранения от минус 10 до минус 15°С в случае ее колебаний. По мере понижения температуры до минус 25–30°С и ниже ее колебания в процессе хранения в меньшей степени сказываются на росте размеров кристаллов льда. Таким образом, негативные последствия рекристаллизации льда могут быть уменьшены при низких и стабильных температурных режимах хранения.

Способ охлаждения камер. Для холодильных камер используют свободное (конвективное) охлаждение, охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха. Свободное охлаждение с использованием батарей способно экранизировать теплопритоки от наружных стен холодильника, стабилизировать работу холодильной установки, однако при их использовании наблюдается неравномерность температурного поля в камерах, что сказывается в конечном итоге на качестве хранимого продукта.

В последние 20–30 лет наибольшее применение нашло охлаждение с интенсивной циркуляцией воздуха, однако продукты должны быть упакованы в паронепроницаемые материалы, что исключает усушку продукта – главного недостатка данного способа.

Способ охлаждения воздухоохладителей. Применение того или иного способа охлаждения (охлаждение хладагентом (фреон, аммиак и др.), хладоносителем (рассолы) определяются его эксплуатационными и капитальными затратами. В случае выбора способа с охлаждением камерных теплообменников хладоносителем можно столкнуться с высокими первоначальными (капитальными) затратами, связанными с необходимостью обеспечения замкнутой системы его циркуляции, а также с ростом эксплуатационных затрат, связанных с дополнительным понижением температуры кипения хладагента из-за тепловых сопротивлений, энергоемкости системы циркуляции хладоносителя [6].

Непосредственное охлаждение тоже имеет свои недостатки, а именно трудность обеспечения равномерности распределения хладагента по камерным охлаждающим теплообменникам, возможность гидроудара в компрессоре. Однако использование насосных отделителей жидкости – циркуляционных ресиверов позволит обеспечить надежную и безопасную работу холодильной установки.

Способ отвода тепла конденсации. Наибольшее распространение получило использование водяных и воздушных конденсаторов. Если принять среднее значение коэффициента теплопередачи конденсатора воздушного охлаждения k_a = 22–35 Вт/(м^2·К), а k_w = 800–900 Вт /(м^2·К), то при одинаковых температурных напорах q_a, q_w и тепловой нагрузке отношение необходимых поверхностей охлаждения составит μ_1 = 25,7–6,36, а при q_w = 5°С, q_a = 10°С μ_2 = 12,85–18,18. Такая высокая разница в площадях теплопередающих поверхностей отрицает целесообразность использования воздушного конденсатора, однако современные технологии позволяют изготовлять двухсторонние ребристые поверхности с коэффициентом оребрения выше 10, что в итоге сравнивает по габаритным размерам и массе воздушные и водяные конденсаторы [7]. В воздушном конденсаторе отводимая от холодильной машины теплота сразу передается воздуху, в водяном же конденсаторе воде, и только потом от нее воздуху в охладителе оборотной воды или в испарительном конденсаторе. Действие такого весомого фактора отвода теплоты, как испарение, позволяет получить температуру воды ниже температуры воздуха, но это справедливо только в жаркие летние дни при небольшой относительной влажности воздуха, т. е. при условиях, которые практически не реализуются в прибрежных районах Камчатского края. Наблюдение (2025 г.) летних температур воздуха в городе Петропавловск-Камчатский показали, что среднедекадная температура не превышает 22°С, что говорит в пользу использования конденсаторов воздушного охлаждения [8]. Кроме этого, к преимуществам воздушных конденсаторов можно отнести исключение внутренней коррозии труб и нарастание водяного камня. Как показывает анализ литературных источников, применение воздушных конденсаторов может быть эффективнее при работе в холодный период года, с температурами ниже минус 8°С и его естественном обдуве.

Выполним оценочный расчет площади теплопередающей поверхности воздушных и водяных конденсаторов, мощностей электродвигателей насосов, вентиляторов конденсаторов при различных тепловых нагрузках.

Как показывают расчеты по зависимостям (1)–(5), при одинаковой тепловой нагрузке площадь теплопередающей поверхности водяного конденсаторы в 6–10,5 раза меньше, чем у воздушных конденсаторов (капитальные затраты). Однако при сравнении потребных мощностей водяных насосов и вентиляторов оказалось, что для обеспечения принудительной циркуляции воздуха необходимо в 1,33–2,7 раза меньше мощности (эксплуатационные затраты).

Определение среднелогарифмической разности температур [9]:

$$\theta = \frac{t_{в2} - t_{в1}}{2{,}3 lg \frac{t_к - t_{в1}}{t_к - t_{в2}}}, \quad (1)$$

где $t_{в1}$, $t_{в2}$ – температуры среды на входе и выходе из конденсатора, °С;

$t_к$ – температура конденсации, °С.

Определение площади теплопередающей поверхности [9], м^2:

$$F = \frac{Q}{k\theta}, \quad (2)$$

где Q – тепловая нагрузка на конденсатор, Вт;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^2·°С;

Определение объемного расхода охлаждающей среды [9], м^3/с:

$$V = \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot \theta}, \tag{3}$$

где c – удельная теплоемкость среды, Дж/кг·°С;

ρ – плотность среды, кг/м^3.

Определение потерь напора при прохождении средой конденсатора [9, 10], м:

$$\Delta h = \left(\frac{0{,}042\varepsilon}{\left(v d_{\text{вн}}\right)^{0{,}25} \cdot \left(t_{\text{в1}} + 40\right)^{0{,}36} \cdot \frac{l}{d_{\text{вн}}}} + 1{,}75 \right) \frac{z v^2}{2g}, \tag{4}$$

где ε – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости поверхности труб;

v – скорость воды, м/с;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр труб, м;

l – длина трубы, м;

z – число ходов конденсатора;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Определение потерь давления при прохождении средой конденсатора [9, 11], м:

$$\Delta p = \left(\left(6 + 9n_2\right) \cdot \left(\sigma\right)^{-0{,}23} \cdot \mathrm{Re}^{-0{,}26} \right) v^2 \rho, \tag{5}$$

где n_2 – число рядов труб по ходу воздуха;

σ – относительный, поперечный шаг пучка труб;

Re – критерий Рейнольдса.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости площади теплопередающей поверхности и мощностей электродвигателей насосов, вентиляторов конденсаторов от тепловых нагрузок.

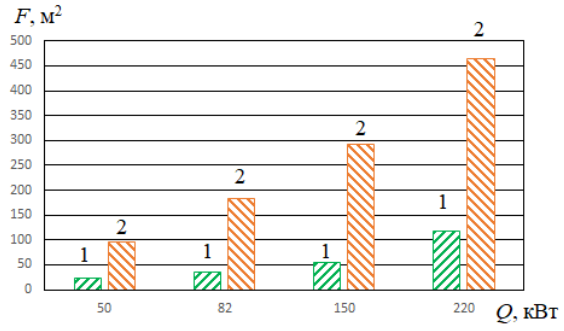


Рис. 1. Зависимость площади поверхности водяных и воздушных конденсаторов от тепловой нагрузки: 1 – водяной кожухотрубный конденсатор; 2 – воздушный конденсатор

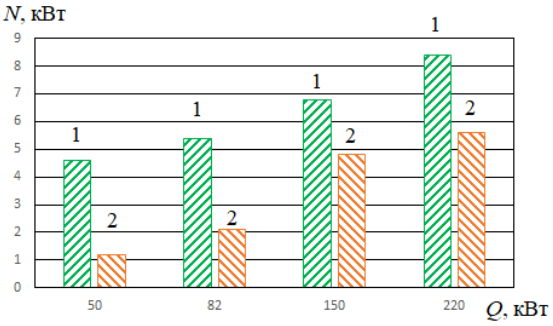


Рис. 2. Зависимость мощностей насосов и вентиляторов от тепловой нагрузки: 1 – водяной кожухотрубный конденсатор; 2 – воздушный конденсатор

Расчеты показывают, что с точки зрения капитальных затрат эффективным, конечно, является выбор водяного конденсатора, однако эксплуатационные затраты гораздо ниже при использовании воздушного конденсатора, особенно при учете того, что в случае естественного обдува данные затраты равны нулю.

Анализ используемых хладагентов, режимов хранения, систем воздухораспределения, способов охлаждения, способов отвода тепла конденсации показал необходимость переоборудования холодильной установки ООО «КМП-ХОЛОД ЛТД» на работу с фреоном R410a, использова-

ние непосредственного охлаждения, с бесканальной системой воздухораспределения, применения насосно-циркуляционной схемы подачи холодильного агента в испарительную систему и воздушного охлаждения конденсатора. На основании анализа спроектирована аксонометрическая схема холодильной установки для ООО «КМП-ХОЛОД ЛТД», представленная на рис. 3.

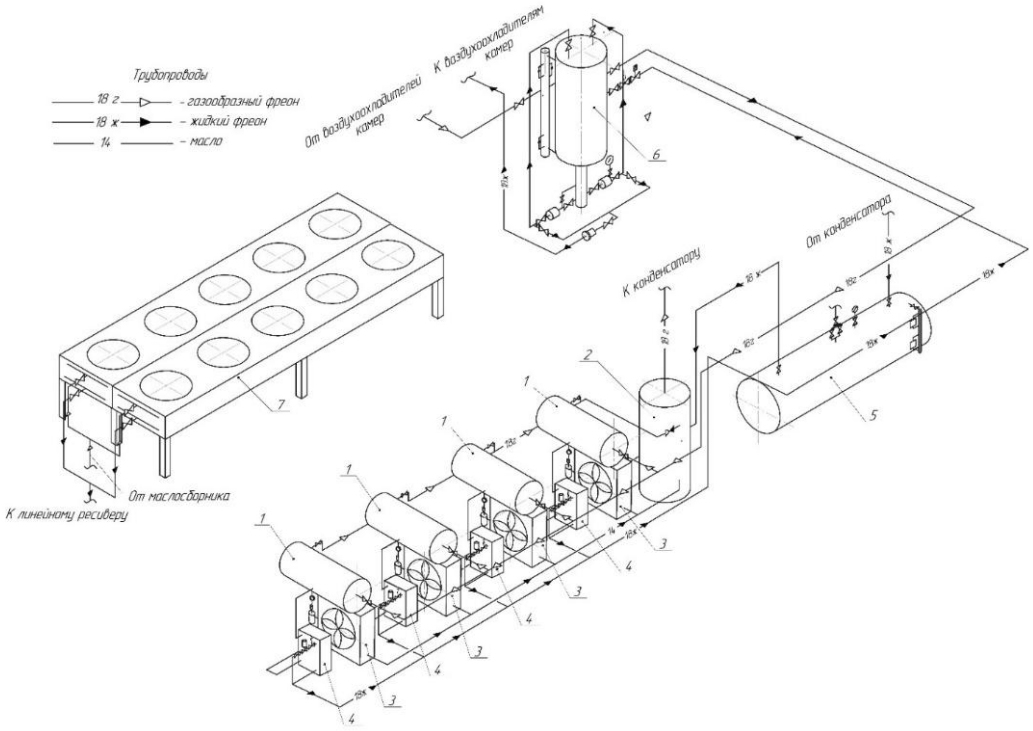


Рис. 3. Аксонометрическая схема холодильной установки (проект) для ООО «КМП-ХОЛОД ЛТД»:
1 – винтовой компрессор; 2 – маслоотделитель; 3 – маслоохладитель; 4 – экономайзер; 5 – линейный ресивер; 6 – циркуляционный ресивер; 7 – конденсатор воздушный

Анализ холодильной установки для предприятия ООО «КМП-ХОЛОД ЛТД» (г. Петропавловск-Камчатский), осуществляющего хранение мороженой продукции показал:

– целесообразность переоборудования установки на работу с фреоном R410a, вследствие его термодинамических свойств, экологической безопасности и запрета с 2030 г., используемого сейчас предприятием R22;

– обеспечение в камерах хранения температуры не выше минус 25°С, что обеспечит нормированные сроки хранения рыбопродукции;

– применение бесканальной системы воздухораспределения в камерах холодильника;

– использование непосредственного охлаждения, насосно-циркуляционную схему подачи холодильного агента в испарительную систему, воздушного охлаждения конденсатора, как наиболее экономичного в условиях г. Петропавловска-Камчатского.

Литература

1. *Курылев Е.С., Оносовский В.В., Руянцев Ю.Д.* Холодильный установки. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.

2. *Бабакин Б.С., Стефанчук В.И., Ковтунов Е.Е.* Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. – М.: Колос, 2000. – 160 с.

3. *Дворянчиков В.И., Рамазанова Д.П.* Изохорная теплоемкость и фазовое равновесие фреонов R410a и R507 // Известия вузов. Северо-Кавказский регион: Технические науки. 2013. № 5. С. 17–19.

4. *Головкин Н.А.* Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.

5. *Быков А.В.* Проектирование холодильных сооружений. Справочник. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 255 с.

6. *Мальгина Е.В., Мальгин Ю.В., Суедов В.П.* Холодильные машины и установки. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 592 с.

7. *Свердлов Г.З., Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 264 с.

8. СП 131.13330.2025 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»: Утвержден приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 08.08.2015 г. № 470/пр. – М.: Минстрой, 2025. – 238 с.

9. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин: Учебное пособие / Под ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1987. – 23 с.

10. *Иодис В.А.* Гидравлика: Учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – 125 с.

11. *Иодис В.А.* Механика жидкости и газа: Учебное пособие для студентов направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения вузов региона». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 213 с.

УДК 621.56:629.5

Р.А. Кошельник, В.А. Иодис, Е.А. Степанова, Е.Н. Горяка

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: koshelnik@mail.ru; iodisva@mail.ru; len_sta@ramber.ru; goryaka@mail.ru

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ И ПЛИТОЧНЫХ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА СУДНЕ ТИПА МРКТ «ЕРОФЕЙ»

В работе проведен анализ использования воздушных и плиточных скороморозильных аппаратов на судне типа МРКТ «Ерофей». Расчетным путем выполнено сравнение воздушных и плиточных морозильных аппаратов по первоначальным капитальным вложениям, по энергозатратам. Расчет показал, что при воздушной заморозке выше энергопотребление и капитальные затраты – в 1,75 и 1,21 раза соответственно. Однако при использовании воздушного скороморозильного аппарата можно получить штучную продукцию, стоимостью в 2–2,5 раза выше. Для судна типа МРКТ «Ерофей», занимающегося добычей и переработкой минтая, сельди, скумбрии, терпуга и др., сохранение первоначального внешнего вида, формы в процессе замораживания значения не имеет. Поэтому для данного типа судна целесообразно использование контактного замораживания с использованием плиточных скороморозильных аппаратов.

Ключевые слова: анализ, воздушный скороморозильный аппарат, плиточный скороморозильный аппарат, капитальные затраты, эксплуатационные затраты.

R.A. Koshelnik, V.A. Iodis, E.A. Stepanova, E.N. Goryaka

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: koshelnik@mail.ru; iodisva@mail.ru; len_sta@ramber.ru; goryaka@mail.ru

ANALYSIS OF THE USE OF AIR AND TILE FREEZERS ON THE MRKT-TYPE SHIP “EROFEY”

This paper analyzes the use of hot air and plate freezers on the MRKT-class vessel “Erofei”. A calculation was used to compare the initial capital investment and energy consumption of hot air and plate freezers. Calculations showed that air freezing increases energy consumption and capital costs by 1.75 times and 1.21 times, respectively. However, using an air-freezer allows for the production of individual products at a cost 2–2.5 times higher. However, for a vessel like the MRKT “Erofei”, which is engaged in the extraction and processing of pollock, herring, mackerel, greenling, etc., preserving the original appearance and shape during the freezing process is not important. Therefore, for this type of vessel, it is advisable to use contact freezing using plate freezers.

Key words: analysis, air freezer, plate freezer, capital costs, operating costs.

Судовое холодильное оборудование можно разделить на две группы – производственно-технологическое и продовольственное. К первой группе относятся холодильные установки, работающие на скороморозильные аппараты, ледогенераторы, воздухоохладители/батареи охлаждения трюмов, системы вентиляции и кондиционирования. Данные установки обеспечивают низкотемпературную обработку добываемых морепродуктов, его холодильное хранение, охлаждение/осушение воздуха судовых помещений. Холодильные установки второй группы обеспечивают сохранность провизии экипажа судна. Судовые холодильные установки (СХУ) отличаются от береговых установок и должны удовлетворять параметрам надежности и стабильности работы в жестких судовых условиях, устойчивости к смене климатических данных и т. д. [1]

Проектирование, эксплуатация СХУ всегда требовало снижения капитальных и эксплуатационных затрат, так как производство холода ведет к высокому расходу энергоресурсов, снижению автономности судна. Это особенно актуально для добывающих и перерабатывающих судов.

Снизить расход энергоресурсов на работу СХУ возможно путем выбора оптимального режима ее работы, либо обеспечением плавного перехода от одного режима работы на другой в зависимости от внешних (климатических) параметров сред, либо введение в работу дополнительного оборудования, облегчающего эксплуатацию установки. Как показал обзор и анализ литературных источников [1–4], снизить капитальные затраты позволяет использование системы непосредственного охлаждения, насосно-циркуляционной системы подачи хладагента в приборы охлаждения и др. Снижение эксплуатационных затрат возможно применением принудительной циркуляции воздуха в трюмах в замен «тихого» охлаждения батареями, использование теплообменников с развитой поверхностью оребрения, способные интенсифицировать процесс теплообмена и др.

Существенное снижение капитальных и эксплуатационных затрат может обеспечить правильный выбор способа замораживания морепродуктов, затраты на который могут занимать до 72–78% от общих энергорасходов СХУ [1, 2, 4].

В связи с чем целью данной работы является расчет, сравнение затрат на воздушное замораживание морепродуктов и контактное замораживание (наиболее распространенные) при использовании плиточных скороморозильных аппаратов на примере судна типа МРКТ «Ерофей». Выбор оптимального способа низкотемпературной обработки для данного типа судна.

Морозильный рыболовный консервный траулер (МРКТ) «Ерофей» принадлежит компании «Тралфлот», входящей в группу компаний «Сигма Марин Технолоджи» (рисунок).



Морозильный рыболовный консервный траулер (МРКТ) «Ерофей»

На сегодняшний день судно прошло переоборудование и модернизацию, оснащено современным технологическим, промысловым оборудованием. При длине судна – 105 м, ширине – 20,64 м, грузоподъемности 4,6 тыс. т общий годовой объем добычи судна достигает 80 тыс. т [5]. Характеристика судна представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика судна типа МРКТ «Ерофей» [5]

Валовая вместимость/дедвейт, т	7 805
Водоизмещение, т	11 410
Высота борта, м	14,7
Осадка судна, м	9,15
Скорость судна, узел	14,5
Мощность главного двигателя (16V32D), кВт	720
Производительность по мороженой рыбе, т/сут	300–500

Капитальные затраты. Капиталовложения воздушного замораживания превышают вложения при контактном/плиточном замораживании по причине необходимости в принудительной циркуляции воздуха, обеспечении его достаточно высокой скорости и давления, необходимости свободного обдува продукции, что сказывается на росте объема воздушных морозильных камер

(2,2–3,5 раза), и как следствие ведет к повышенному теплопритоку в камеры, тепловой нагрузке на СХУ, стоимости теплоизоляционных материалов (≈ 4 200 руб. за 1 м^2 [6]), стоимости специализированных дверей и воздушных завес.

Оценочный расчет по зависимости (1) показал, что первоначальные капиталовложения при контактной заморозке ниже в 1,21 раза.

Требуемая толщина теплоизоляционного слоя ограждения воздушного скороморозильного аппарата определяется по формуле, м:

$$\delta_{тр} = \lambda_{из}\left(\frac{1}{k_{тр}} - \left(\frac{1}{\alpha_н} + \frac{2\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_в}\right)\right), \quad (1)$$

где $1/\alpha_н$ и $1/\alpha_в$ – сопротивления теплоотдаче наружной и внутренней сторон ограждения, м^2·°С/Вт [2];

$\delta_{ст}$, $\delta_{из}$ – толщины листа стали, изоляции [2], м;

$\lambda_{ст}$, $\lambda_{из}$ – коэффициенты теплопроводности стали, изоляции [2], Вт/(м·°С).

Эксплуатационные затраты. При сравнении энергозатрат на данные способы замораживания суммируются энергопотребление на приводы холодильного компрессора, насосов жидкого хладагента, вентиляторов, транспортеров. Работа сжатия хладагента в компрессоре пропорциональна количеству холода, необходимому для замораживания продуктов и для компенсации теплопритоков. Так как количество теплоты, отводимое от замораживаемого продукта в плиточных и воздушных аппаратах одинаково, разница в энергопотреблении компрессора определяется потерями холода из-за теплопритоков. Основные потери холода обусловлены теплопритоками через внешнее ограждение (пропорциональны площади поверхности морозильной камеры), от продукта и тары, от инфильтрации воздуха [2]. Существенным источником дополнительных теплопритоков в воздушных скороморозильных аппаратах являются мощные электродвигатели вентиляторов, установленные в воздушной морозильной камере, мощность которых определяет создаваемый ими напор (давление воздуха), скорость струи, которая в свою очередь влияет на коэффициент теплоотдачи среды [7, 8]. Кроме этого, использование промежуточного хладоносителя – воздуха – требует дополнительного снижения температур кипения, соответственно падает значение холодильного коэффициента, как следствие энергозатраты растут за счет увеличения продолжительности работы установки. Холодильный коэффициент при использовании контактного замораживания лежит в пределах 3,7–4,06, при воздушном замораживании 2,83–2,9.

Общие теплопритоки при воздушном замораживании определяются по зависимостям (2)–(8).

Определение требуемого коэффициента теплопередачи ограждения камеры воздушного замораживания, Вт/(м^2·°С):

$$k_{тр} = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{\alpha_н} + \frac{2\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_в}\right) + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}\right)}, \quad (2)$$

Определение теплопритока через ограждения камеры, Вт:

$$Q_{огр} = k_д \times F \times (t_н - t_в), \quad (3)$$

где F – площадь поверхности ограждения, м^2;

$t_н$, $t_в$ – температуры снаружи, внутри ограждения, °С.

Определение теплопритока при замораживании морепродуктов, Вт:

$$Q_{гр} = G \cdot \Delta i, \quad (4)$$

где G – поступление морепродукта на замораживание, кг/с;

Δi – разность энтальпий, соответствующие начальной температуре поступления рыбы на замораживание и конечной температуре в толще рыбы после замораживания, Дж/кг.

Определение теплопритока от тары:

$$Q_{т} = G_{т} \cdot c_{т} \cdot \Delta t, \quad (5)$$

где $G_{т}$ – суточное поступление тары, кг/с;

$c_{т}$ – удельная теплоемкость тары, кДж/(кг·°С) [2, 9];

Δt – разность начальной и конечной температур тары, °С.

Определение теплопритока от инфильтрации, Вт:

$$Q_{инф} = (0{,}05 \div 0{,}1) \cdot Q_{гр}. \quad (6)$$

Определение теплопритока от электродвигателей (ЭД) вентиляторов (только для воздушного замораживания):

$$Q_{э} = N_{э} \cdot \eta, \quad (7)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателей (в случае установления ЭД вне камеры замораживания).

Определение теплопритока от открывания дверей (только для воздушного замораживания):

$$Q_{дв} = D \cdot F, \quad (8)$$

где D – удельная величина теплопритока, 32 Вт/м^2.

Требуемая нагрузка на СХУ с учетом потерь, Вт определяется:

$$Q_0 = 1{,}23 \cdot (Q_{огр} + Q_{гр} + Q_{т} + Q_{инф} + Q_{э} + Q_{дв}). \quad (9)$$

Определение продолжительности замораживания, с:

$$\tau = \frac{\Delta i \cdot \rho_{гр}}{t_{кр} - t_{к}} \cdot \frac{d_{э}}{6} \left(\frac{d_{э}}{4\lambda_{з}} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (10)$$

где $\rho_{гр}$ – плотность морепродуктов [7], кг/м^3;

$t_{кр}$, $t_{к}$ – температуры криоскопическая и конечная [10, 11], °С;

$d_{э}$ – эквивалентный диаметр продукта, °С;

$\lambda_{з}$ – коэффициент теплопроводности замороженного продукта, Вт/(м·°С);

α – коэффициент теплоотдачи от морепродуктов воздуху (≈35); от поверхности продукта морозильной плите (≈1 000), Вт/(м^2·°С) [3].

Расчет по зависимостям ((1)–(9)) показал, что общее энергопотребление при воздушной замораживании выше в 1,75 раза.

Органолептические показатели. Как показали расчеты капитальных и эксплуатационных затрат использование контактной заморозки более рентабельно, однако замораживание в плиточном скороморозильном аппарате не сохраняет первоначальный вид, форму морепродукта. При использовании воздушной заморозки морепродукта в упаковке, что исключает усушку, можно получить штучную, замороженную продукцию [9]. Стоимость такой продукции более чем в 2–2,5 раза выше продукции, замороженной контактным способом.

Для судна типа МРКТ «Ерофей», добывающего и перерабатывающего минтай, сельдь, скумбрию, терпуга, треску, палтус, командорского кальмара сохранение первоначального внешнего вида, формы в процессе замораживания, последующего хранения, реализации значения не имеет [5]. Поэтому для данного типа судна целесообразно использование в технологическом процессе контактного замораживания с использованием горизонтальных/вертикальных плиточных скороморозильных аппаратов.

Результаты проведенного сравнительного анализа представлены табл. 2.

Таблица 2

Результаты проведенного сравнительного анализа

Параметр	Результат анализа
Продолжительность процесса замораживания	Больше при воздушном замораживании в 2,42 раза
Объем скороморозильного аппарата	Больше при воздушном замораживании в 1,58 раза
Эксплуатационные затраты (энергопотребление)	Больше при воздушном замораживании в 1,75 раза
Капитальные затраты	Больше при воздушном замораживании в 1,21 раза
Стоимость замороженного продукта	Больше при воздушном замораживании в 2–2,5 раза

Анализ литературных источников, оценочный расчет первоначальных капитальных вложений, эксплуатационных затрат показал, что при воздушной заморозке выше и энергопотребление в 1,75 раза, и капитальные затраты в 1,21 раза. Однако при использовании воздушного скороморозильного аппарата можно получить штучную продукцию, с сохранением первоначального вида и формы, стоимость которой будет выше в 2–2,5 раза продукции, замороженной в плиточном аппарате. Но для судна типа МРКТ «Ерофей», занимающегося добычей и переработкой минтая, сельди, скумбрии, терпуга и др. сохранение первоначального внешнего вида, формы в процессе замораживания, последующего хранения значения не имеет. Поэтому для данного типа судна целесообразно использование контактного замораживания с использованием плиточных скороморозильных аппаратов.

Литература

1. *Абдульманов Х.А.* Судовые холодильные машины и их эксплуатация. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 286 с.

2. *Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.

3. *Эрлихман В.Н., Фатыхов Ю.А.* Энергетическая оценка процессов замораживания в воздушных и плиточных морозильных аппаратах // Известия КГТУ. – 2017. – № 46. – С . 17–23.

4. *Эрлихман В.Н.* Снижение энергозатрат в процессе производства и хранения замороженных продуктов // Вестник МАХ. – 2010. – С. 11–14.

5. Fishnet.ru: Официальный сайт. – Москва. – URL: https://www.fishnet.ru/news/promysel_i_pererabotka/reyting-dalnevostochnyh-sudov-po-ob-mu-vylova/ (дата обращения: 25.12.2025).

6. ООО «МеталлПром»: Официальный сайт. – Москва. – URL: https://mpaneli.ru/sendvich-paneli-250mm/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 25.12.2025).

7. *Иодис В.А.* Гидравлика: Учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – 125 с.

8. *Иодис В.А.* Механика жидкости и газа: Учебное пособие для студентов направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения вузов региона». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 213 с.

9. *Головкин Н.А.* Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.

10. *Чижов Г.Б.* Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов / Г.Б.Чижов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.

11. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: в 3 кн. Кн. 1. Теплофизические основы / *А.В. Бараненко и др.* – СПб.: ГИОРД, 2007. – 224 с.

УДК 629.5.06

А.Е. Протираев, Р.А. Гараев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683024
e-mail: yesproinpast@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ ВАЛОПРОВОДОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Статья посвящена анализу процедуры тензометрирования валопроводов судовых энергетических установок как одной из наиболее точных экспериментальных методик оценки напряженно-деформированного состояния линии вращающихся валов. Тензометрические измерения применяются для определения крутящего момента, мощности, соосности и осевых усилий. Тензометрирование позволяет выявлять ранние эксплуатационные отклонения и значительно снижает риск отказов оборудования валовой линии. Проанализированы способы передачи измерительного сигнала с вращающихся валов, современные измерительные устройства, а также особенности их установки, включая требования к подготовке поверхности и процедурам калибровки.

Ключевые слова: тензометрирование, валопровод, крутящий момент, тензорезистор, телеметрия, судовая энергетическая установка.

A.E. Protiraev, R.A. Garaev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683024
e-mail: yesproinpast@gmail.com

MODERN METHODS OF STRAIN MEASUREMENT OF SHAFTING LINES OF MARINE POWER PLANTS

This article analyzes the strain gauge procedure for marine propulsion plant shafting as one of the most accurate experimental methods for assessing the stress-strain state of rotating shafts. Strain gauge measurements are used to determine torque, power, alignment, and axial forces. Strain gauges enable the early detection of operational deviations and significantly reduce the risk of shafting equipment failure. The article analyzes methods for transmitting measuring signals from rotating shafts, modern measuring devices, and their installation features, including requirements for surface preparation and calibration procedures.

Key words: strain gauge, shaft line, torque, strain gauge, telemetry, marine power plant.

Проанализировав статистику за последние десять лет, можно с уверенностью сказать, что большинство аварийных ситуаций, так или иначе возникающих на судах, связаны с неисправностями машинно-движительных комплексов (МДК), включающих в себя первичные двигатели, передаточные устройства, валопровод и движитель. Особую опасность в данном случае представляют нагрузки, вызванные продолжительным воздействием знакопеременных нагрузок, возникающих при крутильных колебаниях, изгибе или нарушении центровки, усталостные разрушения элементов валопровода [1, 2]. Из-за этого проблема контроля напряженно-деформированного состояния валовой линии морского судна имеет особую значимость, особенно в нынешних условиях устаревания флота, средний срок эксплуатации которого, по данным Минпромторга, превышает 38 лет [3].

Традиционные способы оценки надежности и срока службы валопроводов не всегда принимают во внимание реальные рабочие условия, к примеру, неравномерную нагрузку, износ подшипников и изменение параметров демпферов. Кроме того, работу валопровода в динамических режимах не всегда возможно правильно просчитать [4]. В связи с этим все чаще используются

экспериментальные методы диагностики, среди которых особенно выделяется тензометрирование – прямое измерение деформаций на работающем валу с помощью особых датчиков. [5].

Данный способ дает сведения о точности выполнения монтажных работ и правильности центровки различных элементов судовой валовой линии в реальных нагрузках, помогает определить опасные эксплуатационные режимы и вовремя обнаружить усталостные и иные повреждения. Согласно требованиям Российского морского регистра судоходства (РМРС), при приемке новых судов, после смены двигателя или винта, а также в ходе эксплуатации для подтверждения расчетных параметров необходимо проводить тензометрические испытания [6].

Тензометрирование валов позволяет решать задачи, связанные с обеспечением надежности и эффективности работы пропульсивной установки. Основной целью тензометрических измерений является определение крутящего момента и передаваемой мощности на судовой движитель, определяемых путем измерения деформации кручения вала. Это наиболее частая прикладная задача, необходимая для проверки соответствия действительных характеристик двигателя заявленным в его технической документации, а также возможность точнее настроить режимы работы дизеля и оптимизировать расход топлива. Определение указанных параметров осуществляется на основе регистрации относительных деформаций вала с последующим расчетом крутящего момента с использованием калибровочных зависимостей и известных геометрических и упругих характеристик валопровода. Внешний вид тензограммы представлен на рис. 1.



Рис. 1. Снятие тензограммы валопровода морского судна

Вместе с определением крутящего момента и передаваемой мощности тензометрирование валовой линии судов также используется для решения ряда диагностических задач, связанных с оценкой качества проведенного монтажа и общего технического состояния валопровода. В частности, по результатам замеров возможно выявление нарушений соосности элементов валовой линии, сопровождающихся возникновением циклических изгибных деформаций. Анализ сигналов тензорезисторов, установленных во взаимно перпендикулярных плоскостях, позволяет зафиксировать факт наличия биения и оценить степень его влияния на работоспособность валопровода [7].

Тензометрические измерения также применяются для определения осевых усилий, передаваемых от гребного винта на упорный подшипник, для контроля загрузки двигателя и оценки напряженного состояния опорных элементов. При организации непрерывного мониторинга параметров деформации валов тензометрирование может использоваться как средство ранней диагностики аварийных ситуаций, поскольку резкое изменение характера регистрируемых сигналов нередко свидетельствует о повреждении движителя либо развитии дефектов в материале вала [8].

Кроме того, результаты тензометрических измерений представляют значительный интерес при калибровке и верификации расчетных моделей, используемых при анализе крутильных колебаний валопроводов, а также при проектировании новых судов и модернизации существующих энергетических установок.

В системах тензометрирования основным чувствительным элементом служат фольговые тензорезисторы, выполненные из константана или нихрома. Тензорезисторы прикрепляют к валу клеем, часто холодного отверждения, и соединяют по мостовой схеме. Для уменьшения влияния температуры применяют термокомпенсированные датчики или отдельные терморезисторы. Вместе с фольговыми тензорезисторами часто используют телеметрические системы. Датчики устанавливают на вал обычным способом и подключают к небольшому радиопередатчику, также закрепляемому на валу.

При проведении тензометрирования используют три основных метода передачи сигнала.

Самым первым и наиболее простым считается контактный метод с использованием токосъемных устройств, при котором провода от тензорезисторов идут к контактным кольцам на валу. Для связи с остальной схемой используются графитовые или металлографитовые щетки. К основным преимуществам данного метода на практике относят небольшую цену. К минусам же относят: непригодность для больших скоростей, восприимчивость контактов к загрязнению и низкую ненадежность.

Вторым методом тензометрирования, набирающим все большую популярность, является применение бесконтактных телеметрических систем. В них сигнал с тензомоста оцифровывается и затем передается индуктивно или с помощью радиоканала. При таком подходе передатчик, питаемый от аккумулятора или от статора, монтируется на валу, а приемник стационарно размещается рядом с валом. Плюсами подобных систем являются отсутствие механического износа, работа при любых скоростях вращения и невосприимчивость к агрессивным средам. К минусам следует отнести большую стоимость, высокие требования к квалификации эксплуатирующего персонала и сложность с приобретением и сертификацией ввиду производства в недружественных странах. Примером может служить система T24 фирмы Mantracourt (рис. 2), успешно применяемая в судостроении и на гоночных болидах [9].



Рис. 2. Передатчик T24

Бесконтактное измерение деформаций может быть реализовано также с помощью оптических датчиков или путем анализа изображений специальных меток, установленных на валу. В патенте RU2715081C2 описан способ тензометрирования для центровки судовых валопроводов, использующий зеркала и источники света для измерения углов поворота сечений [10]. Преимущество оптических методов заключается в полной гальванической развязке и нечувствительности к электромагнитным помехам.

Третьим методом тензометрирования является установка тензодатчиков внутри полого вала. В данном случае измерительные элементы размещаются в защищенной зоне, что позволяет исключить их воздействие со стороны внешней среды и сохранить неизменной наружную геометрию вала. Передача измерительного сигнала осуществляется через герметичные электрические разъемы либо с использованием телеметрических систем, что обеспечивает надежность измерений при работе в условиях повышенных механических и эксплуатационных нагрузок. К преимуществам данного метода можно отнести высокую защищенность датчиков от агрессивной среды и ударных воздействий. К недостаткам метода следует отнести значительную сложность монтажа и обслуживания датчиков, ограниченную возможность их замены без частичного демонтажа вала, а также более высокую стоимость оборудования и телеметрических систем по сравнению с традиционной наружной установкой.

Процесс монтажа тензодатчиков на вращающийся вал требует высокой квалификации персонала, а также тщательной подготовки и соблюдения технологии. Первым шагом место установки датчика зачищается до металлического блеска, обезжиривается и при необходимости полируется. Основным критерием успешной подготовки поверхности является удаление всех следов коррозии и окалины.

После подготовки поверхности проводится наклейка тензорезисторов. При установке датчик необходимо расположить под строгим углом к оси вала, на практике принимаемым 45 градусам для измерения кручения. Клей на место установки наносится тонким слоем, после чего датчик приживается к месту установки и фиксируется до момента достижения полной полимеризации. Контроль качества фиксации осуществляется измерением сопротивления изоляции относительно вала, которое должно быть не ниже установленного предела.

Следующим шагом является пайка и защита, включающая в себя припайку всех выводов датчиков к монтажным клеммам или непосредственно к самому кабелю. Места пайки и тензорезисторы дополнительно защищают от внешней среды с помощью специальных покрытий, включающих в себя защитные лаки, силиконовые герметики и эпоксидные смолы. В случае если работа датчика будет осуществляться в условиях масляного тумана, то дополнительно применяют металлические кожухи.

После обеспечения надежного контакта и защиты осуществляют прокладку и крепление кабелей, а также иных элементов системы для предотвращения их обрыва под действием центробежной силы во время кручения вала и снятия тензограммы. В основном кабели прокладывают вдоль оси вала и крепко фиксируют их клеем, специальной лентой или стяжками. Телеметрический модуль или токосъемник устанавливают на конце вала или кронштейне. На этом этапе особое внимание уделяется балансировке, при нарушении которой могут возникнуть дополнительные вибрации, искажающие показания тензограммы и приводящие к неправильным выводам об итогах испытаний.

Финальным этапом подготовки системы к снятию тензограммы является калибровка установленных датчиков. Для ее выполнения к валопроводу прикладывают известный крутящий момент и регистрируют выходной сигнал. На основании полученных данных формируют калибровочный коэффициент, необходимый для перевода показаний системы в физические величины. С этого момента система считается готовой к снятию торсиограммы валопровода.

Снятие тензограммы является одним из наиболее эффективных способов диагностирования технического состояния валовой линии морского судна. С его помощью можно оценивать не только напряженно-деформированное состояние, но и находить монтажные ошибки, проверять реалистичность составленных теоретических моделей, а также избегать резкого отказа различных элементов валовой линии. Изучение современных методик и научных трудов показало, что на практике чаще всего используют бесконтактные телеметрические системы. Они обладают высокой надежностью и довольно удобны, отчего постепенно заменяют обычные токосъемники. Несмотря на это, свою актуальность сохраняют и оптические системы, а также встраиваемые датчики, особенно в случаях особо агрессивной среды или необходимости проведения длительного наблюдения.

Эффективность тензометрирования заметно повышается при его объединении с другими судовыми системами мониторинга и контроля, особенно SCADA-системами. Основным направлением развития тензометрирования в России является разработка собственной системы и обучение отечественных специалистов нормам, которые соответствуют требованиям РМРС и других международных классификационных обществ.

Литература

1. *Кушнер Г.А., Мамонтов В.А., Волков Д.А.* Анализ причин повреждений и отказов судовых валопроводов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2021. – № 3. – С. 33–39.

2. *Царенко С.Н., Роменский Д.И., Корж А.С.* Исследование резонансных явлений крутильных колебаний валопроводов гребных винтов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 67. – С. 8–20.

3. II Всероссийский морской конгресс [Электронный ресурс] // МедиаПалуба. – URL: https://paluba.media/news/178053 (дата обращения: 10.02.2026).

4. *Царенко С.Н., Гараев Р.А.* Динамика валопровода гребного винта при импульсном разгоне // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XIII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2022 года) / Отв. за вып. Т.А. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2022.

5. *Ефремов Л.В.* Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. – СПб.: Наука, 2007. – 276 с.

6. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII. Механические установки. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2023. – Разд. 8 «Крутильные колебания».

7. АО РЦПКБ «Стапель». Крутильные колебания валопроводов. Миф или реальная опасность? [Электронный ресурс]. — URL: https://www.stapel.ru/about/news/krutilnye-kolebaniya-valoprovodov-mif-ili-realnaya-opasnost-/ (дата обращения: 09.02.2026).

8. *Покусаев М.Н., Хоменко Т.В., Горбачев М.М.* Применение систем мониторинга крутильных колебаний для повышения надежности судовых машинно-движительных комплексов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2023. – № 72–73. – С. 78–86.

9. Mantracourt. T24-SA Telemetry Strain Gauge Transmitter. Case Study: Formula SAE [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mantracourt.com/product/wireless-sensor-transmitter-strain-acquisition-t24-sae-oem-module/ (дата обращения: 09.02.2026).

10. Патент № 2715081 C2 Российская Федерация, МПК B63H 23/32, G01B 9/00. Способ центровки судового валопровода и оптический тензометр для него: № 2017132921: заявл. 20.09.2017: опубл. 25.02.2020 / *Л.П. Гаврилюк, К.Н. Морозов*; заявитель Акционерное общество «Центр технологии судостроения и судоремонта» (АО «ЦТСС»).

УДК 621.1.016:536.7

Н.А. Разеев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: raseev_na@mail.ru

ВЫВОД ФОРМУЛЫ УДЕЛЬНОЙ ЭКСЕРГИИ ПОТОКА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящей работе представлено подробное описание вывода формулы удельной эксергии для потока идеального газа, находящегося при температуре окружающей среды. Вывод основан на фундаментальных положениях первого и второго начала термодинамики, понятии эксергии потока газа, уравнении состояния идеального газа и соотношениях для изменения энтропии. Последовательность выведения формулы начинается от общего определения эксергии через первый и второй законы термодинамики к конкретному выражению. Рассмотрены цели, способы, область применения эксергетического метода анализа. Полученное выражение является частным случаем общей формулы эксергии, широко используемой в инженерной практике для оценки максимальной работоспособности сжатого газа, в том числе в системах пневматических приводов, вихревых трубах и холодильных установках. Рассмотрены примеры и границы применения формулы.

Ключевые слова: эксергия, идеальный газ, термодинамика, вывод формулы, работоспособность, сжатый газ.

N.A. Razeev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: raseev_na@mail.ru

DERIVATION OF THE FORMULA FOR THE SPECIFIC EXERGY OF AN IDEAL GAS FLOW AT AMBIENT TEMPERATURE

This paper presents a detailed description of the derivation of the formula for the specific exergy for an ideal gas flow at ambient temperature. The derivation is based on the fundamental principles of the first and second laws of thermodynamics, the concept of gas flow exergy, the ideal gas equation of state, and relations for entropy change. The sequence of deriving the formula proceeds from the general definition of exergy through the first and second laws of thermodynamics to the specific expression. The goals, methods, and application areas of the exergy analysis method are considered. The resulting expression is a special case of the general exergy formula, widely used in engineering practice to assess the maximum useful work of compressed gas, including in pneumatic drive systems, vortex tubes, and refrigeration units. Examples and limitations of the formula's application are discussed.

Key words: exergy, ideal gas, thermodynamics, formula derivation, useful work, compressed gas.

Эксергетический метод анализа является одним из наиболее эффективных способов оценки эффективности использования энергии в технических системах. В отличие от традиционного энтальпийного анализа, основанного только на первом законе термодинамики, эксергетический способ учитывает также второй закон термодинамики и позволяет количественно оценить потери энергии, обусловленные неравновесностью реальных процессов [1, 2]. Применение этого метода дает возможность определить степень совершенства процесса и выявить источники потерь (трение, теплообмен при конечной разности температур, смешение, дросселирование и др.). Количественно оценить потери, которые не проявляются при энтальпийном анализе, разработать рекомендации по термодинамическому совершенствованию процессов и оборудования.

Для потока вещества сжатого газа удельная эксергия выражается общей формулой, которая непосредственно следует из первого и второго начала термодинамики. На практике часто встре-

чается ситуация, когда температура сжатого газа после охлаждения в компрессорной установке становится равной температуре окружающей среды. В этом случае выражение существенно упрощается и принимает вид:

$$ex = RT_0 ln\frac{P}{P_0}, \quad (1)$$

где R – газовая постоянная;

P – давление газа;

P_0 – давление окружающей среды;

T_0 – температура окружающей среды.

Эта формула применима для расчета эксергии сжатого газа в различных технических системах.

Тем не менее в учебной литературе выведение данной формулы часто не рассматривается или дается в свернутом виде, что затрудняет понимание ее физического смысла и границ применения. Цель настоящей работы – описать логическую последовательность от фундаментальных определений физики и термодинамики до конечного выражения, опираясь на общеизвестные научные законы.

Различные виды энергии обладают неодинаковой способностью превращаться в работу. Второй закон термодинамики утверждает, что для превращения теплоты в работу необходимо наличие двух источников с разной температурой, и чем выше эта разница – тем эффективнее это превращение. Но даже в идеальном обратимом цикле только часть теплоты может быть преобразована в работу. А если параметры рабочего тела совпадают с параметрами окружающей среды, практическая пригодность источника энергии равна нулю. Поэтому состояние равновесия с окружающей средой принимается за начало отсчета [3].

Эксергия, иначе говоря работоспособность, характеризует максимальную полезную работу, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в равновесное с окружающей средой.

Различают эксергию теплоты, эксергию неподвижного рабочего тела и эксергию потока. Для задач, связанных с движением газа, необходима эксергия потока.

Рассмотрим открытую термодинамическую систему, через которую проходит 1 кг вещества. Пренебрегая кинетической и потенциальной энергией, максимальная полезная работа, которую можно получить от потока при обратимом взаимодействии с окружающей средой, определяется выражением [1, 4]:

$$ex = \left(h - h_0\right) - T_0(S - S_0), \quad (2)$$

где ex – удельная эксергия потока, Дж/кг;

h – удельные энтальпия в рассматриваемом состоянии;

S - удельная энтропия в рассматриваемом состоянии;

h_0 – удельные энтальпия в состоянии равновесия с окружающей средой;

S_0 – удельная энтропия в состоянии равновесия с окружающей средой;

T_0 – температура окружающей среды, K.

Разность $h - h_0$ представляет собой изменение энтальпии при переходе от исходного состояния к равновесному. Это максимальная работа, которую можно получить при условии, что все процессы обратимы и потери отсутствуют. Выражение T_0 ($S - S_0$) – это потеря работоспособности, обусловленная необратимостью реальных процессов. Произведение температуры окружающей среды на изменение энтропии дает минимальную работу, которую необходимо затратить (или которая теряется) в процессе приведения системы в равновесие с окружающей средой. Таким образом, эксергия есть качественная часть энергии, доступная для превращения в работу в идеальных условиях.

В дальнейшего будем считать, что газ является идеальным с постоянной теплоемкостью. Для идеального газа справедливы следующие соотношения:

а) уравнение состояния

$$PV = RT; \quad (3)$$

б) изменение энтальпии

$$h - h_0 = c_p(T - T_0), \tag{4}$$

где c_p – удельная изобарная теплоемкость;

в) изменение энтропии

$$s - s_0 = c_p ln\frac{T}{T_0} - R\ln\frac{P}{P_0}. \tag{5}$$

Подставим формулы (5) и (4) в формулу (2):

$$ex = c_p\left(T - T_0\right) - T_0(c_p ln\frac{T}{T_0} - R\ln\frac{P}{P_0}). \tag{6}$$

Раскроем скобки и получим общее выражение для удельной эксергии потока идеального газа:

$$ex = c_p\left(T - T_0\right) - c_p T_0 ln\frac{T}{T_0} + RT_0\ln\frac{P}{P_0}. \tag{7}$$

На практике достаточно часто встречаются ситуации, когда сжатый газ перед использованием охлаждается до температуры окружающей среды. Например, в поршневых и винтовых компрессорных установках после сжатия газ направляется в промежуточный охладитель, где его температура снижается до температуры окружающей среды. В таких условиях $T = T_0$. Подставляя это выражение в формулу (7), получим:

$$T - T_0 = 0 \to c_p\left(T - T_0\right) = 0; \tag{8}$$

$$ln\frac{T}{T_0} = ln1 = 0. \tag{9}$$

Остается только третье слагаемое, и в итоге получаем выражение (1).

Формула (1) имеет определенный физический смысл. Эксергия по формуле (1) представляет собой удельную работу изотермического расширения идеального газа от давления сжатого газа до давления окружающей среды при температуре равной температуре окружающей среды. Это следует из интегральной формы уравнения удельной работы [5]:

$$l = \int_1^2 pdv. \tag{10}$$

С учетом закона Бойля – Мариотта получаем:

$$l = \int_P^{P_0} pdv = \int_P^{P_0} \frac{RT_0}{P} dP = RT_0 ln\frac{P}{P_0}. \tag{11}$$

Таким образом, эксергия сжатого газа при температуре окружающей среды численно равна работе, которую можно получить при изотермическом расширении данного газа до атмосферного давления.

В эксергетическом анализе эффективность устройства характеризуется эксергетическим коэффициентом полезного действия:

$$\eta_{экс} = \frac{\text{полезная эксергия на выходе}}{\text{затраченная эксергия на входе}}.$$

Для многих установок, работающих на сжатом газе (вихревых труб, детандеров и т. д.), затраченная эксергия на входе вычисляется именно по формуле (1). Сравнивая ее с реально полученной работой или эксергией, можно судить о степени термодинамического совершенства процесса [2].

Формула (1) справедлива с некоторыми допущениями и ограничениями: газ считается идеальным (для воздуха применение допустимо при давлениях до нескольких десятков атмосфер и комнатных температурах); температура газа равна температуре окружающей среды; в расчетах пренебрегают кинетической и потенциальной энергией потока на входе; процесс расширения газа рассматривается как обратимый изотермический.

В реальных условиях при высоких давлениях могут потребоваться поправки на отклонение от идеальности.

В статье последовательно показан термодинамический вывод формулы удельной эксергии потока идеального газа при температуре окружающей среды. Основой служит общее определение эксергии потока (2), которое непосредственно вытекает из первого и второго законов термодинамики. Используя уравнение состояния идеального газа и соотношения для изменения энтальпии и энтропии, было получено выражение (7), справедливое для любых температур. Рассмотрение процесса при условии охлаждения сжатого газа до температуры окружающей среды позволило упростить его до компактной формы (1).

Формула (1) имеет простую физическую интерпретацию – она равна работе изотермического расширения газа до атмосферного давления. Это выражение является ключевым для эксергетического анализа устройств, использующих сжатый газ. Оно позволяет количественно оценить энергетический потенциал потока, рассчитать эксергетический КПД и выявить потери от необратимости. Таким образом, представленный процесс вывода формулы демонстрирует методологию эксергетического анализа от фундаментальных физических законов к конкретным способам приложения.

Литература

1. *Бродянский В.М.* Эксергетический метод термодинамического анализа. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

2. *Мартынов А.В., Бродянский В.М.* Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976. – 152 с.

3. *Соколов Е.Я., Бродянский В.М.* Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.

4. *Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.* Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.

5. *Поршаков Б.П., Романов Б.А.* Основы термодинамики и теплотехники. – М.: Недра, 1988. – 300 с.

УДК 621.1.016:536.7

Н.А. Разеев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: raseev_na@mail.ru

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ВИХРЕВЫХ ТРУБ: ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В статье представлен обзор и сравнительный анализ методов расчета вихревых труб, в основе которых лежит эффект Ранка – Хилша. Описаны методы, традиционные для советской, затем российской научной школы. Рассмотрены термогазодинамический метод А.П. Меркулова, основанный на теории взаимодействия вихрей. Эксергетический метод В.М. Бродянского и А.В. Мартынова, позволяющий оценить термодинамическое свойства устройства. Метод теории подобия Ш.А. Пиралишвили и А.А. Фузеевой, дающий обобщенные зависимости. Физико-математическая модель В.И. Кузнецова и В.В. Макарова, описывающая энергообмен между осевым и периферийным потоками, а также современные методы численного моделирования. Для каждого метода приведены ключевые расчетные зависимости. Показано, что методы не исключают, а взаимно дополняют друг друга, позволяя решать различные задачи – от проектирования до термодинамической оптимизации и детального исследования структуры течения.

Ключевые слова: вихревая труба, эффект Ранка – Хилша, метод Меркулова, эксергетический анализ, метод подобия, численное моделирование, энергетический баланс.

N.A. Razeev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail:raseev_na@mail.ru

METHODS OF CALCULATING VORTEX TUBES: A REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS

This article presents a review and comparative analysis of methods for calculating vortex tubes, which are based on the Ranque – Hilsch effect. Methods traditional to the Soviet and subsequently the Russian scientific school are described. The thermogasdynamic method of A.P. Merkulov, based on the theory of vortex interaction, is considered. The exergy method of V.M. Brodyansky and A.V. Martynov, which allows for the evaluation of the thermodynamic properties of the device, is examined. The similarity theory method of Sh.A. Piralishvili and A.A. Fuzeeva, which provides generalized dependencies, is presented. The physical and mathematical model of V.I. Kuznetsov and V.V. Makarov, describing the energy exchange between the axial and peripheral flows, as well as modern methods of numerical simulation, are discussed. For each method, the key calculation dependencies are provided. It is shown that the methods do not exclude but rather complement each other, allowing for the solution of various problems – from design to thermodynamic optimization and detailed investigation of the flow structure.

Key words: vortex tube, Ranque – Hilsch effect, Merkulov method, exergy analysis, similarity method, numerical simulation, energy balance.

Вихревая труба, в основе которой лежит эффект Ранка – Хилша, является уникальным газодинамическим устройством, позволяющим разделять поток сжатого газа на горячий и холодный без применения движущихся частей и хладагентов. Благодаря простоте конструкции, надежности, практически неограниченному ресурсу и возможности использования в условиях, где присутствует сжатый воздух, вихревые трубы находят применение в авиационной и ракетной технике, системах термостатирования, сельском хозяйстве и других отраслях [1, 2].

Несмотря на более чем полувековую историю исследований, физическая природа вихревого эффекта до конца не выяснена – существует множество гипотез, ни одна из которых не является общепризнанной теорией, однако это не препятствует практическому использованию вихревых труб [3, 4].

В советской, а затем и российской научной школе сформирован ряд подходов к расчету вихревых труб, позволяющих с приемлемой точностью определять их геометрические размеры и рабочие характеристики. Цель настоящей работы – систематизировать эти подходы, представить ключевые расчетные зависимости и определить область применения каждого метода. Проанализировать существующие методы расчета вихревых труб, выявить их физические основы, математический аппарат и область их применения. В работе рассматриваются методы, разработанные в трудах А.П. Меркулова, В.М. Бродянского и А.В. Мартынова, Ш.А. Пиралишвили и А.А. Фузеевой, В.И. Кузнецова и В.В. Макарова, а также современные методы численного моделирования.

В работе анализируются труды основоположников исследования вихревых труб, а также результаты численного моделирования, представленные в современных публикациях. Основное внимание уделено математическим зависимостям, используемым для расчета энергетических и геометрических характеристик вихревых труб.

Исследования вихревого эффекта энергетического разделения газов термогазодинамическим методом разработан А.П. Меркуловым и изложен в монографии «Вихревой эффект и его применение в технике» [5]. Основой работы служит термодинамический и газодинамический анализ вихревой трубы с использованием гипотезы взаимодействия вихрей для объяснения физической сущности эффекта. А.П. Меркулов исследовал влияние геометрических параметров (диаметр отверстия диафрагмы, длина и геометрия вихревой зоны, площадь проходного сечения сопла) и термодинамических параметров (температура и давление поступающего газа, давление холодного потока, физические свойства газа) на эффективность трубы.

Ключевым для понимания процесса является уравнение баланса энтальпий для адиабатной вихревой трубы, которое в работах последователей Меркулова записывается в виде [6]:

$$G_{\text{с}} i_{\text{с}} = G_{\text{г}} i_{\text{г}} + G_{\text{х}} i_{\text{х}}, \tag{1}$$

где $C_{\text{с}}$, $C_{\text{г}}$, $C_{\text{х}}$ – расходы сжатого, горячего и холодного воздуха, кг/с;

$i_{\text{с}}$, $i_{\text{г}}$, $i_{\text{х}}$ – соответствующие удельные энтальпии, Дж/кг.

Учитывая, что

$$G_{\text{с}} = G_{\text{г}} + G_{\text{х}} \tag{2}$$

и

$$i = c_{\text{р}} T, \tag{3}$$

после преобразований получаем соотношение, связывающее эффекты охлаждения и нагревания с расходами потоков [6]:

$$G_{\text{г}} \Delta T_{\text{г}} = G_{x} \Delta T_{x}, \tag{4}$$

где $\Delta T_{\text{х}} = T_{\text{с}} - T_{\text{х}}$ – эффект охлаждения, К;

$\Delta T_{\text{г}} = T_{\text{г}} - T_{\text{с}}$ – эффект нагрева, К.

Вводя долю холодного потока

$$\mu = \frac{G_{\text{х}}}{G_{\text{с}}} \tag{5}$$

уравнение (4) примет вид:

$$(1-\mu)\Delta T_{\text{г}} = \mu \Delta T_{\text{х}}. \tag{6}$$

Конкретные геометрические соотношения и номограммы для определения размеров трубы приведены в [5]. Область применения метода – проектирование одноконтурных вихревых труб.

Эксергетический метод В.М. Бродянского и А.В. Мартынова изложен в книге «Что такое вихревая труба?» [7]. Данный метод оценивает термодинамическую эффективность трубы на основе второго закона термодинамики, оперируя понятием эксергии – максимальной полезной работы, которую может совершить система. Эксергетический анализ позволяет определить потери работоспособности в трубе и вычислить эксергетический коэффициент полезного действия, характеризующий степень термодинамического совершенства устройства.

Эксергетический баланс для адиабатной вихревой трубы записывается в виде [7]:

$$E_{\text{вх}} = E_{\text{х}} + E_{\text{г}} + D, \tag{7}$$

где $E_{\text{вх}}$ – эксергия потока на входе, Вт;

$E_{\text{х}}$ – эксергия холодного потока, Вт;

$E_{\text{г}}$ – эксергия горячего потока, Вт;

D – потери эксергии, Вт.

Эксергетический КПД определяется как отношение прироста эксергии холодного потока к затраченной эксергии [7]:

$$\eta_{ex} = \frac{E_{\text{х}} - E_{\text{х0}}}{E_{\text{вх}}}, \tag{8}$$

где $E_{\text{х0}}$ – эксергия того же массового расхода холодного воздуха в исходном состоянии (до охлаждения), Вт.

По данным различных исследований, эксергетический КПД лучших конструкций вихревых труб не превышает 25–40% [1, 8], что объясняет недостаточное практическое применение вихревых труб по сравнению с классическими парокомпрессионными холодильными машинами. Метод применим для различных типов вихревых труб и является наиболее объективным инструментом для их сравнения с традиционными холодильными машинами.

Физико-математическая модель В.И. Кузнецова и В.В. Макарова, основанная на гипотезе о том, что подогрев периферийных и охлаждение осевых слоев газа происходит за счет совершения работы осевыми слоями над периферийными силами вязкости из-за градиента угловых скоростей, а частичное снижение эффекта охлаждения обусловлено подогревом осевых слоев периферийными, имеющими более высокую термодинамическую температуру [9]. На основе этой физической модели составлена замкнутая математическая модель, описывающая процессы в трех характерных сечениях трубы (входное сечение, выход из диафрагмы, подход к вентилю). В модели используются два параметра потока на входе: полное давление, которое обозначается P_{01} и полная температура – T_{01}; и на выходе, где P_{02} – полное давление, а T_{02} – температура.

Перечень основных уравнений включает [9]:

– энергию газа на входе, Вт

$$N_1 = G_1 L_1, \tag{9}$$

где G_1 – расход воздуха, кг/с;

$L_1 = c_p T_{01}\left(1 - 1\Big/\pi_{T_1}^{\frac{k-1}{k}}\right)\eta_p$, Дж/кг – удельная энергия газа на входе в вихревую трубу;

– работу сжатия периферийного потока, Вт

$$\Delta N = G_1 L_{\text{сж}}; \tag{10}$$

– энергию периферийного потока перед вентилем, Вт

$$N_3 = G_1 L_3; \tag{11}$$

– энергию осевого потока, Вт

$$N_2 = G_2 L_2; \tag{12}$$

– уравнение энергии в тепловой форме

$$G_1 T_{01} = G_2 T_{02} + G_3 T_{03}, \tag{13}$$

где T_{02} и T_{03} – полные температуры холодного и горячего потоков соответственно, К;

– баланс энергий

$$G_1 c_p T_{01}\left(\pi_{сж}^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)\frac{1}{\eta_{сж}} = G_2 c_p T_{03}\left(1 - \Big/ \pi_{T_1}^{\frac{k-1}{k}}\right)\eta_p, \tag{14}$$

где c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/(кг·К);

k – показатель адиабаты (безразмерный, для воздуха k = 1,4);

$\pi_{T1} = \frac{P_н}{P_{01}}$ - степень понижения полного давления на входе;

$\pi_{T2} = \frac{P_{03}}{P_{02}}$ - степень понижения полного давления осевого потока;

$\pi_{сж}$ – степень повышения полного давления периферийного потока;

$\eta_р$ и $\eta_{сж}$ – КПД процессов расширения и сжатия ($\eta_р \approx 0,92$, а $\eta_{сж} \approx 0,85$);

$P_н$ – атмосферное давление, Па.

После приведения к безразмерному виду система решается относительно коэффициентов:

$$A = \frac{C_{\eta_р}}{1 - \mu + C_{\eta_р}}, B = \frac{C_{\eta_р}\mu}{1 - \mu}, \tag{15}$$

где $C = 1 - \left(\frac{P_н}{P_{01}}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ – вспомогательный безразмерный коэффициент.

На этой основе составлены две методики: расчета оптимальных геометрических размеров при заданных термодинамических параметрах и расчета термодинамических параметров при известных геометрических размерах. Авторы отмечают удовлетворительное совпадение расчетных данных с экспериментальными [9].

Метод численного моделирования, реализованный с помощью программных пакетов ANSYS Fluent, FlowVision и других, позволяет проводить детальное трехмерное моделирование течения в вихревых трубах. В работах [6, 10] представлены результаты численного моделирования эффекта Ранка – Хилша с использованием осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса и различных моделей турбулентности. Математическая часть включает уравнение неразрывности, уравнения сохранения импульса и энергии, а также уравнения модели турбулентности [10]. Важно отметить, что, как показывают исследования [11], даже современные расчетные методы не всегда обеспечивают количественное совпадение с экспериментальными данными, что подчеркивает необходимость верификации численных расчетов и разработки специализированных моделей турбулентности для сильнозакрученных течений.

В советской, а затем в российской научной практике сложились три основных подхода к расчету вихревых труб, каждый из которых имеет собственную физическую основу и математический аппарат. Термогазодинамический метод А.П. Меркулова, основанный на гипотезе взаимодействия вихрей, представляет собой фундаментальную методику, ориентированную на практическое проектирование одноконтурных вихревых труб. Эксергетический подход В.М. Бродянского и А.В. Мартынова, опирающийся на второй закон термодинамики, позволяет объективно оценить термодинамическое показатели устройства, выявить источники потерь и провести корректное сравнение с классическими холодильными машинами. Физико-математическая модель В.И. Кузнецова и В.В. Макарова, рассматривающая энергообмен между осевым

и периферийным потоками через работу сил вязкости, доведена до уровня инженерной методики, позволяющей рассчитать как геометрические размеры, так и рабочие характеристики вихревой трубы.

Несмотря на различия в исходных данных, все рассмотренные методы не противоречат, а органично дополняют друг друга. Их совместное применение открывает возможность решения широкого круга задач – от выбора оптимальной геометрии на этапе проектирования до термодинамической оптимизации и детального анализа структуры течения с использованием современных вычислительных средств. Численное моделирование, в свою очередь, выступает мощным инструментом исследования, однако требует обязательной верификации на экспериментальных данных, что подтверждается работами ряда авторов.

Литература

1. *Бодров М.В.* Рациональные области использования вихревых воздухоохладителей в сельскохозяйственных зданиях // Известия КазГАСУ. – 2011. – № 2 (16). – С. 136–141.

2. *Дыскин Л.М.* Вихревые термостаты и воздухоохладители. – Н. Новгород: ННГУ, 1991. – 85 с.

3. *Черевко Е.А.* Современные гипотезы формирования процесса энергетического разделения в вихревых трубках Ранка-Хилша // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 128–131.

4. *Гуцол А.Ф.* Эффект Ранка // Успехи физических наук. – 1997. – Т. 167, № 6. – С. 665–687.

5. *Меркулов А.П.* Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1969. – 183 с.

6. Математическое моделирование процессов холодоснабжения с использованием вихревых труб в овощехранилищах / *П.Л. Лекомцев, Е.В. Дресвянникова, А.М. Ниязов, С.В. Орлов* // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4.

7. *Мартынов А.В., Бродянский В.М.* Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976. – 152 с.

8. *Метенин В.И., Савельев С.Н.* Вихревая труба: А.с. 744196 СССР. – 1980.

9. *Кузнецов В.И., Макаров В.В., Шандер А.Ю.* Физико-математическая модель рабочего процесса вихревой трубы // Омский научный вестник. Серия: Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 78–87. – DOI: 10.25206/2588-0373-2021-5-2-78-87.

10. *Зейналова Н.Р.* Численное моделирование эффекта энергоразделения Ранка-Хилша: выпускная квалификационная работа бакалавра. – Томск: ТГУ, 2018. – 43 с.

11. *Романенко П.А.* Моделирование завихренного течения воздуха в вихревой трубе А.П. Меркулова с вариацией положения заслонки соплового выхода горячего потока // Аллея Науки. – 2021. – № 6 (57). – URL: https://alley-science.ru/arhiv_nomerov_2021_god/ (дата обращения: 03.03.2026).

УДК 656.6:502

А.Н. Рак

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: lion15ua@rambler.ru

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ОКСИДА АЗОТА С МОРСКИХ СУДОВ

Предотвращение загрязнения окружающей среды с морских судов тесным образом связано с самой эксплуатацией судовых энергетических установок. При сжигании судового углеводородного топлива образуются окислы азота, серы, углерода и твердые частицы, процентное содержание которых строго ограничивается в соответствии с Международной конвенцией МАРПОЛ 73/78. В данной работе рассматриваются способы ограничения выбросов оксида азота с помощью установки на судах различного оборудования для селективного каталитического восстановления или рециркуляции отработавших газов.

Ключевые слова: оксид азота, реактор, селективное каталитическое восстановление, катализатор, рециркуляция, отработавший газ.

A.N. Rak

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: lion15ua@rambler.ru

MAIN APPROACHES TO REDUCING NITROGEN OXIDE EMISSIONS FROM MARINE VESSELS

Environmental pollution prevention from marine vessels is closely linked to the operation of ship power plants. The combustion of marine hydrocarbon fuel produces nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon oxides, and particulate matter, the percentage content of which is strictly regulated in accordance with the International Convention MARPOL 73/78. This paper examines methods for limiting nitrogen oxide emissions through the installation of various equipment on vessels for selective catalytic reduction or exhaust gas recirculation.

Key words: nitrogen oxide, reactor, selective catalytic reduction, catalyst, recirculation, exhaust gas.

Движение морских судов в большинстве случаев обеспечивается с помощью тепловых машин – дизелей. В качестве традиционного вида топлива применяется топливо углеводородного происхождения – мазут. При его сжигании кроме тепловой энергии, направленной на обеспечение движения судна, выделяется отработавший газ. Его примерный состав представлен на рис. 1.

Как следует из рис. 1 в составе отработавших газов кроме чистых веществ (O_2, N_2, CO_2, H_2O) также содержатся и оксиды (NO_x, SO_x, CO), которые относятся к токсичным. При этом из всех токсичных веществ наибольшее процентное соотношение принадлежит оксидам азота NOx. Количество токсичных и опасных выбросов четко регламентированы в руководящих документах Международной морской организации (ИМО), например в [1]. Анализ соотношений, представленных в [1] и на рис. 2, показывает, что количество выбросов NO_x зависит от частоты вращения двигателя и заметно снижается после диапазона частот вращения 100 об/мин.

Указанный выше диапазон частот вращения является характерным для большинства достаточно мощных малооборотных двигателей (МОД) наиболее известных производителей MAN B&W (ФРГ – Дания) и Wärtsilä - Sulzer (Финляндия – Швейцария). Несколько в стороне от этого стоят МОД фирмы Mitsubishi (Япония), у которых частота вращения может находиться в пределах 100–250 об/мин. Но все равно они относятся к МОД. Еще больше количество выбросов снижается при переходе на среднеоборотные (СОД) и высокооборотные (ВОД) дизели, но, к сожа-

лению, выбор того или иного типа ДВС определяется и закладывается еще на стадии разработки проекта и постройки судна.

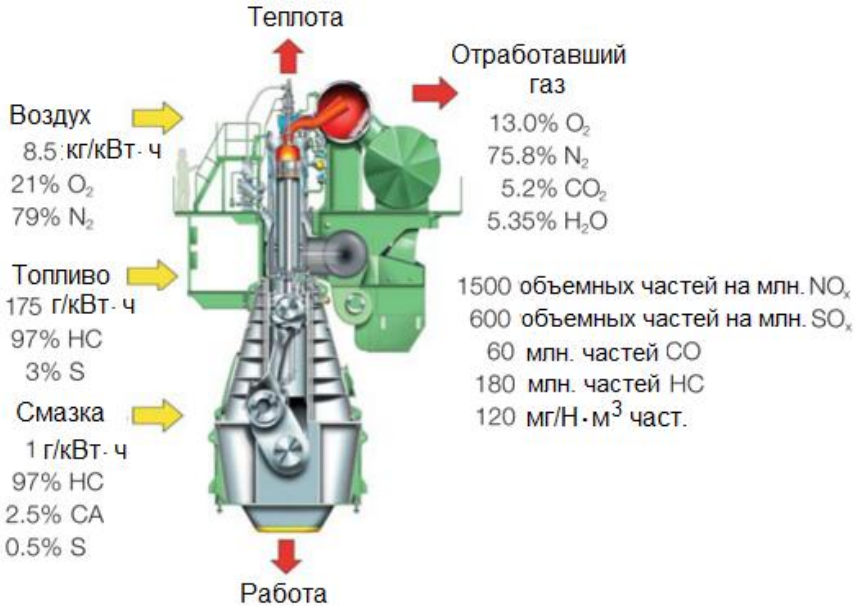


Рис. 1. Количественный состав топлива и веществ, образующихся при сжигании топлива

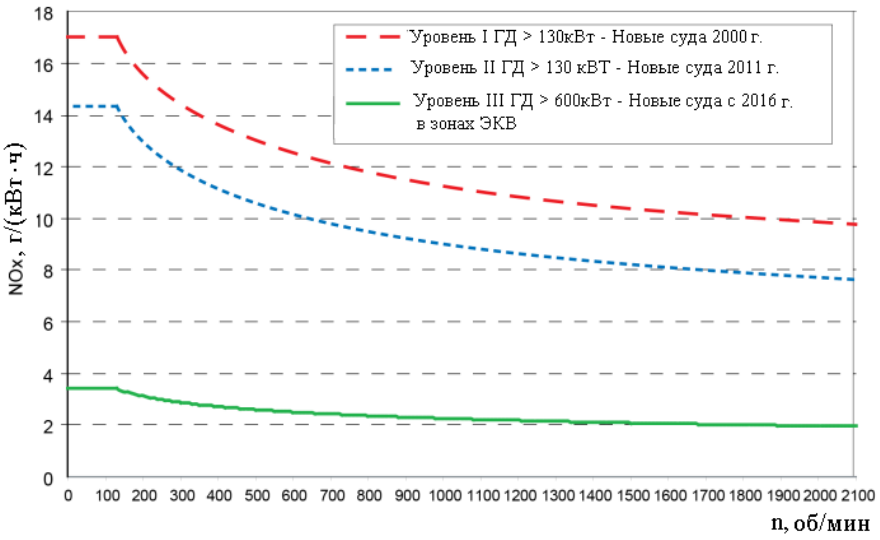


Рис. 2. Предельные выбросы NO_X в соответствии с требованиями приложения VI к Конвенции MARPOL

На данный момент наибольшее распространение имеют технологии с применением: селективного каталитического восстановления (СКВ) и рециркуляции отработавших газов (РОГ) [2].

СКВ – это метод очистки ОГ, с помощью которого NO_x, образующиеся в судовом ДВС, могут быть снижены до уровня, соответствующего требованиям NO_x Уровня III и предполагает использование топлива с содержанием серы менее 0,1%.

РОГ – это метод, позволяющий значительно снизить образование NO_x в судовых ДВС. С помощью этого метода можно выполнить требования Уровня III в зонах экологического контроля азота (NECA). В таких системах часть ОГ после охлаждения и очистки возвращается в ресивер продувочного воздуха. Таким образом, часть кислорода, содержащегося в продувочном воздухе, заменяется CO_2, образующимся в процессе сгорания. Такая замена снижает содержание O_2 и увеличивает теплоемкость продувочного воздуха, тем самым снижая пиковую температуру сгорания и образование NO_x. Снижение его содержания практически линейно зависит от количества ОГ.

Цель работы – анализ современных технических средств, направленных на снижение выбросов NO_x, для соблюдения экологических требований. В работе использована техническая информация, находящаяся в открытом доступе и содержащаяся в технической документации для соответствующих типов дизелей, и аналитический метод исследования.

В современном двигателестроении разработано достаточно большое количество технологий сокращения эмиссии NO_x, В соответствии с требованиями IMO допускается использование любой технологии снижения выбросов NO_x в целях обеспечения соответствия двигателя действующим стандартам.

Так, даже на первый взгляд, можно предварительно оценить массогабаритные показатели установок с СКВ и РОГ (рис. 3).



а *б*

Рис. 3. Наиболее распространенные схемы для снижения выбросов NOx:
схема с рециркуляцией отработавших газов (а); схема с селективным каталитическим восстановлением (б)

Иные технические решения, дополнительно применяемые для снижения выбросов NO_x представлены на рис. 4.

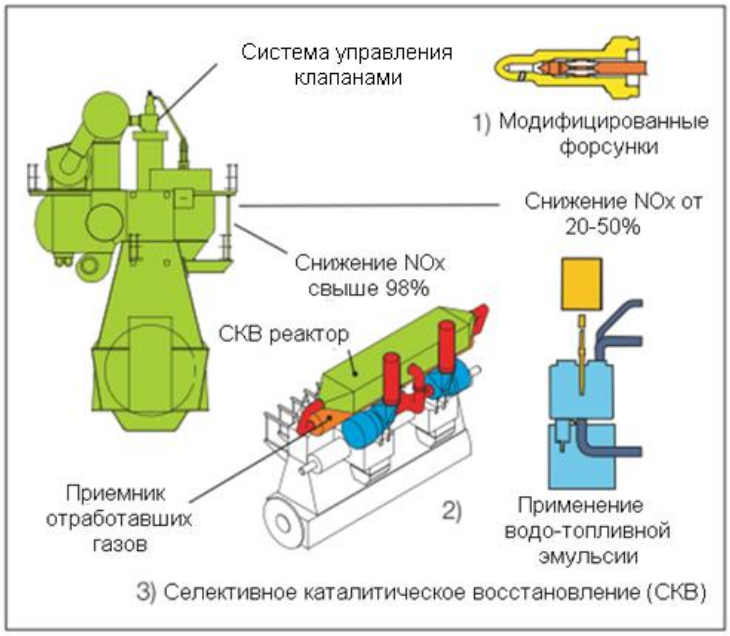


Рис. 4. Дополнительные технические решения по ограничению выбросов NO_x

В настоящее время основными разработчиками таких систем являются MAN B&W (ФРГ – Дания) и Wärtsilä (Финляндия).

В дополнение к возможностям систем, представленным выше, для соблюдения требований по NO_x для Уровня III суда, плавающие на комбинированном топливе в зонах экологического контроля воздуха (ЭКВ), содержащего NO_x и SO_x, должны работать либо на топливе с низким содержанием серы (НСС), т. е. применять систему очистки от SO_X, либо подвергаться очистке ОГ [3]. Системы РОГ и СКВ (рис. 5) высокого давления (СКВ-ВД) могут работать на топливе с высоким содержанием серы (ВСС), но в этом случае система выпуска ОГ должна быть также оснащена системой очистки SO_x. СКВ низкого давления (СКВ-НД), как правило, не может использоваться для двухтактных двигателей, работающих на топливе с ВСС. При планировании установки необходимого оборудования, соответствующего Уровню III, необходимо учитывать эти условия.

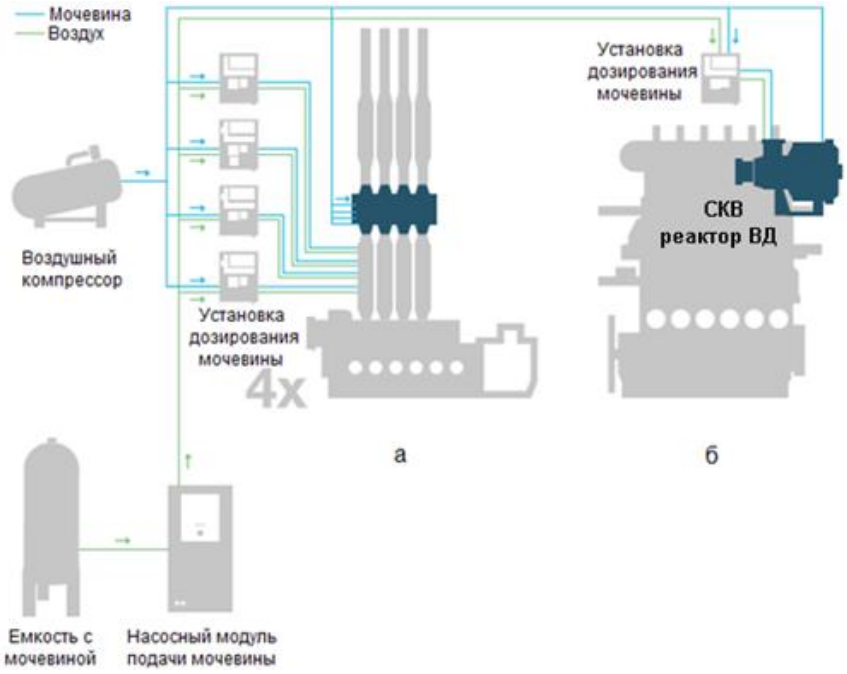


Рис. 5. Системы: низкого давления СКВ-НД (а); высокого давления СКВ-ВД (б)

В зависимости от загрузки реактора, каталитические элементы будут постепенно терять возможность способствовать процессу снижения содержания NO_x. Для поддержания требуемой эффективности реактора эти элементы следует периодически заменять в соответствии с рекомендациями поставщика катализатора. Таким образом, каталитические элементы рассматриваются как расходные материалы и должны включаться в стоимость эксплуатации СКВ. Срок службы катализатора зависит от необходимости снижения содержания NO_x, а также от его технического состояния. На рис. 6 представлено техническое состояние каталитического элемента.



Рис. 6. Техническое состояние каталитического элемента

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Количество выбросов NO_x зависит от частоты вращения и заметно снижается после диапазона частот вращения 100 об/мин. При этом следует отметить, что выбор того или иного главного двигателя должен осуществляться на основании глубокого анализа и хорошо проработанного технико-экономического обоснования.

2. Все рассмотренные методы позволяют обеспечить необходимое снижение выбросов NO_x в соответствии с требованиями Международной конвенции МАРПОЛ 73/78. При этом следует учитывать особенности конструкции ГД. Так, при установке СКВ на двигателе с электронным управлением выбросы NO_x значительно снижаются с помощью водной эмульсии.

3. При работе с катализатором СКВ сложно сохранить динамику двигателя и устойчивость турбокомпрессора при переходных нагрузках двигателя. Однако при использовании двигателя с электронным управлением возможна более быстрая нагрузка за счет раннего открытия выпускного клапана и позднего момента впрыска, и, кроме того, модулируемый момент газораспределения выпускного клапана стабилизирует турбокомпрессор.

Оптимальным и наиболее распространенным решением является то, что реактор СКВ изготавливается специально для конкретной установки, и, конечно, удобнее встроить его во время постройки судна. Хотя доработка также возможна.

4. Требование к пространству для установки СКВ в машинном отделении очень жесткие. Здесь много места требуют трубопроводы и смеситель между двигателем и катализатором СКВ, поэтому задача проектировщика состоит в том, чтобы сделать систему СКВ максимально компактной. Это возможно и в то же время обеспечивает легкий доступ для обслуживания и эксплуатации.

Литература

1. МАРПОЛ. Книга III. Пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов». Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012 [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/499014496 (дата обращения: 28.02.2026).

2. Emission control, two-stroke low-speed diesel engines. Paper published by MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, December 1996.

3. NO_x control in practice and demands made on owners and engine builders. MAN B&W Diesel paper for meeting at the Maritime Museum in Bergen, March 2000.

УДК 620.193:620.197.5:629.5

А.О. Рогожников[1], М.М. Горбачев[2], Д.П. Ястребов[1]

[1] Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003;
[2] Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, 414056
e-*mail: aleksei17_90@mail.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ И МОНИТОРИНГА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ РАБОТЫ

В статье выполнен технический обзор систем защиты от коррозии (CP) металлических конструкций в морской и прибрежной среде с акцентом на контроль их эффективности работы и дистанционный мониторинг. Рассмотрены два базовых подхода – протекторная защита (SACP) и защита с наложенным током (ICCP), а также современные цифровые решения удаленного контроля, включая AQUATEC AQUAmodem CP, Mobiltex CorTalk RMU2 и технологии беспроводного подводного мониторинга. Показано, что современные системы CP целесообразно рассматривать как многоуровневую архитектуру: электрохимический уровень (аноды/токи), измерительный уровень (потенциал, ток, эталонные электроды) и цифровой уровень (телеметрия, облачные платформы, предиктивная аналитика). Предложен минимальный набор параметров для постоянного мониторинга эффективности CP на корпусах судов и подводных конструкциях.

Ключевые слова: катодная защита, протекторная защита, ICCP, SACP, потенциал AgCl, мониторинг коррозионной защиты, подводная телеметрия, коррозия, дистанционный контроль, электрохимическая защита.

A.O. Rogozhnikov[1], M.M. Gorbachev[2], D.P. Yastrebov[1]

[1] Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamcharsky, 683003;
[2] Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, 414056
e-mail: aleksei17_90@mail.ru

MODERN TECHNOLOGIES OF CORROSION PROTECTION AND MONITORING ITS PERFORMANCE

This paper provides a technical review of cathodic protection (CP) systems for marine and subsea structures with a focus on performance monitoring and remote control technologies. Two main approaches are analyzed: sacrificial anode cathodic protection (SACP) and impressed current cathodic protection (ICCP). Modern digital monitoring solutions such as AQUATEC AQUAmodem CP and Mobiltex CorTalk RMU2 are discussed. It is shown that advanced CP systems can be viewed as a multi-layer architecture consisting of electrochemical level (anodes/currents), measurement level (potential, current, reference electrodes) and digital level (telemetry, cloud platforms, predictive analytics). A minimal set of parameters for reliable CP monitoring on ship hulls and offshore structures is proposed.

Key words: cathodic protection, sacrificial protection, ICCP, SACP, AgCl potential, corrosion protection monitoring, underwater telemetry, corrosion, remote monitoring, electrochemical protection.

Развитие технологий мониторинга коррозионной защиты в последние годы показывает явный сдвиг от редких разовых замеров эталонными электродами (drop-cell), а также замеров при помощи дронов к постоянному наблюдению за параметрами коррозионной защиты (CP) через датчики и телеметрию. Это особенно заметно на прибрежных и подводных объектах, где стоимость доступа высока, а ошибки в оценке эффективности защиты приводят к преждевременному износу анодов или к коррозионным повреждениям. Современные подходы решают одну и ту же

инженерную задачу – подтвердить, что защитный потенциал конструкции находится в рекомендуемых пределах и что аноды/источники тока работают так, как рассчитано, но делают это разными способами: через контактные измерения потенциала и токов, через удаленный контроль выпрямителей или через бесконтактное картирование электрического поля, как показано на рис. 1 [1–4].



Рис. 1. Пример визуализации/схемы мониторинга эффективности катодной защиты

AQUAmodem CP (рис. 2) компании Aquatec Group относится к классу автономных подводных решений, где базовым измерением выступает потенциал конструкции относительно эталонного электрода и при необходимости ток анода через шунт. Принципиальная особенность – передача данных под водой акустическим каналом, что позволяет получить «фиксированную точку» мониторинга без кабельной инфраструктуры. Такой подход полезен, когда требуется собирать данные круглый год и минимизировать участие водолазов и дронов, а также строить графики для оценки деградации защиты [1].



Рис. 2. Подводный комплекс мониторинга катодной защиты AQUAmodem CP (Aquatec Group)

CorTalk RMU2 компании Mobiltex решает близкую задачу, но на другом уровне: это удаленный мониторинг параметров CP на стороне оборудования, прежде всего выпрямителей и подключенных измерительных точек. Устройство устанавливается в шкафу выпрямителя (или рядом), снимает измерения по нескольким каналам и передает данные через сотовую или спутниковую связь в цифровую платформу, где возможны уведомления, отчетность и контроль отклонений. В результате система лучше «видит» потерю питания, деградацию режимов, падение токов и прочие события, характерные для ICCP или для управляемых систем CP на инфраструктуре. При этом RMU2 (рис. 3) не заменяет подводную оценку распределения потенциалов на конструкции, а закрывает именно дистанционную эксплуатационную наблюдаемость оборудования [2, 3].



Рис. 3. Блок удаленного мониторинга параметров CP CorTalk RMU2 (Mobiltex)

IoT-подход, описанный TEKTELIC на примере LoRaWAN-мониторинга CP, делает упор на масштабирование сети датчиков при низком энергопотреблении и больших расстояниях связи. В концепции LoRaWAN CP (рис. 4) превращается из набора «изолированных точек» в сеть, которая регулярно передает значения напряжений/токов и формирует уведомления при выходе из строя объекта или других аварийных ситуациях. Такой подход особенно логичен для протяженных объектов (трубопроводы, распределенные узлы), однако в полностью подводной среде радиоканал ограничен, поэтому применение чаще привязано к наземным/прибрежным или «полупогруженным» сценариям [4].

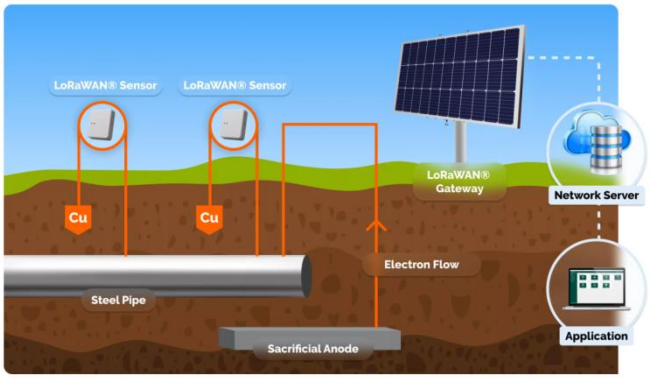


Рис. 4. Концепция IoT/LoRaWAN-мониторинга катодной защиты (TEKTELIC)

Imenco Live Wireless CP Monitoring (рис. 5) позиционируется как система долгосрочного беспроводного «живого» контроля уровня защиты установленной CP-системы. Смысл решения – получать повторяемые распределенные измерения по нескольким точкам без необходимости регулярных измерений при помощи измерительных электродов и обследований при помощи подводных дронов и затем сравнивать уровни защиты между локациями и во времени. Такой класс решений важен там, где требуется наблюдать динамику эффективности работы CP и не полагаться на редкие периодические замеры [5, 6].



Рис. 5. Система Live Wireless CP Monitoring для долгосрочного беспроводного контроля CP (Imenco)

Stoprust MA-1 (Monitored Anode) (рис. 6) реализует другой, «материальный» способ контроля: монитор встроен в жертвенный анод (алюминиевый или цинковый), что позволяет измерять скорость его расходования и уровень СР, фактически превращая анод в «датчик ресурса». Практическая ценность в том, что план обслуживания можно привязывать не к расчетному сроку, а к измеренной деградации анода-протектора. Однако подход ориентирован на SACP-конфигурации и не решает задачу пространственной диагностики распределения потенциалов по объекту [7, 8].

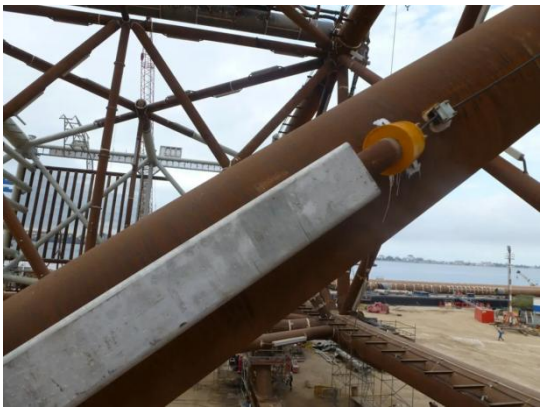


Рис. 6. Контролируемый протекторный анод MA-1 (Stoprust)

SunStation (Deepwater/Stoprust) (рис. 7) представляет собой постоянный подводный мониторинг СР, подключенный к постоянным эталонным электродам. Концепция построена на высокой автономности: станция мониторинга имеет солнечные панели, которые запитываются от света подводного дрона. Преимуществом является отсутствие батарей на самой станции мониторинга. Система в целом позволяет выполнить съемку простым считыванием показаний с камер дрона, не требуя питания от батарей и работу водолазов. Это компромисс между «полным онлайн-мониторингом» и редкими ручными измерениями: телеметрии как таковой нет, но снижается трудоемкость и риск получения нерепрезентативных данных при разовых проверках [9, 10].

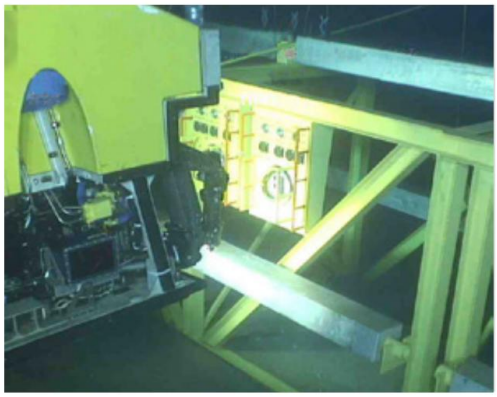


Рис. 7. Подводный дрон мониторинга СР SunStation для считывания ROV (Stoprust)

Отдельную категорию составляет FiGS от FORCE Technology – бесконтактная технология, основанная на измерении градиента электрического поля, создаваемого системой коррозионной защиты. В отличие от статичных измерений и классической логики использования переносных измерительных электродов, FiGS строит карту поля (сила и направление), что позволяет быстрее выявлять зоны проблемного покрытия контролируемого объекта. При этом может установить аноды, работающие неэффективно, и возможные «утечки тока» на соседние конструкции. Преимущества технологии – скорость обследования и информативность по распределению защиты, особенно на больших подводных объектах и трубопроводах (включая заглубленные). Недостатки технологии – инструментальный характер: чаще это периодические измерения, а не постоянные «датчик-онлайн» в каждой точке [11–13].

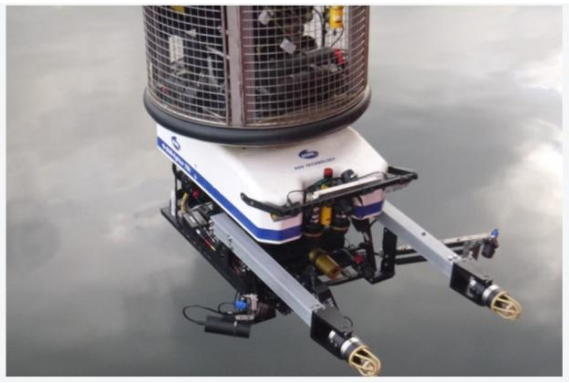


Рис. 8. Подводный дрон мониторинга

При сравнении решений важно опираться на единый критерий эффективности CP – измеряемый потенциал относительно эталонного электрода (часто AgCl в морской воде) и корректность методики контроля работоспособности катодной защиты (drop-cell/ROV/водолазы), поскольку именно эти измерения связывают работу анодов/ICCP с фактической защитой металла. В этом смысле нормативно-методические документы полезны как «точка отсчета», на фоне которой оценивается, какие продукты дают непрерывную наблюдаемость, какие – удобство инспекции, а какие – контроль источников тока и сигналов тревоги [14].

Литература

1. Aquatec Group. Cathodic Protection & Monitoring – AQUAmodem CP: Product brochure (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.aquatecgroup.com/images/CP/Aquatec-Group---CP-and-Monitoring.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

2. Mobiltex. CorTalk® RMU2 Remote Monitoring Unit: Product page [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mobiltex.com/solutions/cathodic-protection-remote-monitoring/cortalk-rmu2/ (дата обращения: 02.03.2026).

3. Mobiltex. CorTalk® RMU2 Brochure (BRO-0521) (PDF): [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mobiltex.com/wp-content/documents/Mobiltex-RMU2-BRO-0521.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

4. TEKTELIC Communications. Real-Time Corrosion Monitoring With TEKTELIC LoRaWAN IoT Solution (cathodic protection) [Электронный ресурс]. – URL: https://tektelic.com/expertise/iot-cathodic-protection/ (дата обращения: 02.03.2026).

5. Imenco Corrosion. Live Wireless CP Monitoring: Product page [Электронный ресурс]. – URL: https://imenco-corrosion.no/product/live-wireless-cp-monitoring/ (дата обращения: 02.03.2026).

6. Imenco. Imenco Live CP Monitoring: Product sheet (NHQ-MS-005, Rev. 3) (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://future-technologies.no/wp-content/uploads/sites/6/2024/12/NHQ-MS-005-Rev-3-Imenco-Live-CP-Monitoring-Product-Sheet.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

7. Stoprust Ltd. MA-1 Monitored Anode: Product page [Электронный ресурс]. – URL: https://stoprust.com/products-and-services/monitored-anode/ (дата обращения: 02.03.2026).

8. Stoprust Ltd. MA-1 Overview A4: Product brochure (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://stoprust.com/media/2389/ma-1-overview-a4.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

9. Stoprust Ltd. SunStation™ – Subsea Readout for Deep Water: product page [Электронный ресурс]. – URL: https://stoprust.com/products-and-services/sunstation/ (дата обращения: 02.03.2026).

10. Stoprust Ltd. SunStation™ Overview A4: Product brochure (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://stoprust.com/media/3494/sunstation-overview-a4.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

11. FORCE Technology. FiGS® Cathodic Protection Survey: Service page [Электронный ресурс]. – URL: https://forcetechnology.com/en/services/corrosion-protection/figs-cathodic-protection-survey (дата обращения: 02.03.2026).

12. FORCE Technology. FiGS® CP Survey: Brochure (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/figs/figs-cp-survey.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

13. FORCE Technology. Revolutionizing Subsea Inspection of Cathodic Protection: Article [Электронный ресурс]. – URL: https://forcetechnology.com/en/articles/revolutionizing-subsea-inspection-cathodic-protection (дата обращения: 02.03.2026).

14. DNV. DNV-RP-B401. Cathodic protection design. Recommended practice. Edition May 2021 (PDF) [Электронный ресурс]. – URL: https://fsb-co.ir/wp-content/uploads/2023/08/DNV-RP-B401-2021.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

УДК 629.5.083.5

Р.Р. Селютин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, 690087
e-mail: rodionselutin@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ АВТОНОМНОГО ПЛАВАНИЯ СУДОВ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

В статье рассматривается проблема обеспечения запасными частями оборудования рыбопромысловых судов в условиях автономного плавания. Проанализированы физические ограничения применения 3D-печати в условиях качки, связанные с воздействием низкочастотных вибраций (<100 Гц) на качество формируемых изделий. В качестве решения предложена двухосевая стабилизационная платформа с маятниковым противовесом и алгоритмом компенсации динамических нагрузок. Приведены результаты анализа мирового опыта внедрения бортовых аддитивных комплексов и технико-экономическое обоснование предлагаемого решения.

Ключевые слова: судоремонт, аддитивные технологии, 3D-печать, стабилизация, вибрация, рыбохозяйственный комплекс, автономное плавание.

R.R. Selutin

Far Eastern State Technical Fisheries University,
Vladivostok, 690087
e-mail: rodionselutin@gmail.com

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR OPERATIONAL REPAIR OF EQUIPMENT IN CONDITIONS OF AUTONOMOUS NAVIGATION OF FISHING FLEET VESSELS

The article addresses the problem of providing spare parts for fishing vessel equipment during autonomous navigation. The physical limitations of using 3D printing in rolling conditions are analyzed, specifically the impact of low-frequency vibrations (<100 Hz) on the quality of manufactured products. As a solution, a two-axis stabilization platform with a pendulum counterweight and an algorithm for compensating dynamic loads is proposed. The results of an analysis of global experience in implementing onboard additive manufacturing complexes and a feasibility study for the proposed solution are presented.

Key words: ship repair, additive technologies, 3D printing, stabilization, vibration, fisheries complex, autonomous navigation.

Рыбопромысловый флот России осуществляет промысел в удаленных районах Мирового океана, где продолжительность рейса может достигать нескольких месяцев. Согласно статистике аварийности, повреждения элементов энергетических установок и судовых систем составляют более 30% от всех видов аварийных происшествий [1]. При этом ожидание доставки запасной части из порта приписки может занимать от нескольких недель до месяцев, что приводит к экономическим потерям из-за простоя судна.

Одним из перспективных направлений решения проблемы является внедрение бортовых систем 3D-печати, позволяющих изготавливать запасные части непосредственно на судне по принципу «производство по требованию» [2]. Мировой опыт демонстрирует успешные примеры таких решений: южнокорейская компания HMM в 2025 году завершила испытания бортового «цифрового цеха» на контейнеровозе HMM GREEN, где время получения критически важной запчасти сократилось с 233 дней до 2 сут [3].

Однако прямое перенесение технологий 3D-печати в условия морского плавания сталкивается с серьезным физическим ограничением – воздействием качки и вибрации на качество формируемых изделий. Данная работа посвящена анализу этой проблемы и поиску инженерного решения, адаптированного для условий рыбопромыслового флота.

При эксплуатации судна в штормовых условиях возникают сложные пространственные колебания. Исследования показывают, что при высоте волны до 2 метров судно испытывает бортовую качку с углом крена до ±2° и килевую качку до ±1° при угловой скорости до 50 мрад/с. Линейные ускорения при этом составляют ±0,1 м/с² по горизонтальным осям и ±0,4 м/с² по вертикальной оси [4].

Критически важным является диапазон частот: основная энергия колебаний корпуса судна сосредоточена в области низких частот (<100 Гц), что совпадает с собственными частотами механических систем 3D-принтеров и может вызывать резонансные явления [5]

Экспериментальные исследования, проведенные Michigan Technological University по заказу ВМС США, показали, что вертикальная вибрация основания принтера приводит к следующим дефектам:

– увеличение шероховатости поверхности – при вибрации с частотой 20–50 Гц параметр Ra возрастает на 30-40% по сравнению с печатью в стационарных условиях [5];

– снижение точности геометрических размеров – отклонения могут достигать 0,3–0,5 мм на 100 мм длины детали;

– появление микротрещин между слоями – вибрация нарушает равномерность наложения слоев, что снижает прочность изделия на 15–25%;

– дефекты заполнения – при резких перемещениях жидкого или вязкого материала возникают пустоты и непроплавленные зоны.

Особенно критичны данные эффекты для технологий, использующих порошковые материалы (SLM, DMLS), где равномерность распределения порошка по платформе зависит от гравитации [6].

Существующие промышленные системы виброизоляции (пружинные амортизаторы, резиновые демпферы) эффективны для высокочастотных вибраций, но плохо работают в низкочастотном диапазоне, характерном для морской качки. Пассивные системы не способны компенсировать медленные изменения углов крена и дифферента.

На основе анализа патентных решений и опубликованных разработок [7] предлагается конструкция двухосевой стабилизационной платформы, состоящая из следующих основных узлов:

Антивибрационное основание – нижняя рама с демпфирующими элементами (пружинно-гидравлические амортизаторы), установленная на палубе судна. Задача узла – гашение высокочастотной вибрации корпуса.

Карданов подвес – система двух взаимно перпендикулярных рам, обеспечивающая свободу вращения платформы относительно двух горизонтальных осей (продольной и поперечной). Первая рама ориентирована по продольной оси судна и компенсирует бортовую качку, вторая – по поперечной оси для компенсации килевой качки.

Маятниковая система стабилизации – ключевой элемент, обеспечивающий пассивную стабилизацию без использования сложных электронных систем. На нижней части платформы закреплен массивный противовес (до 30–40% от массы принтера), который под действием силы тяжести стремится занять вертикальное положение, увлекая за собой платформу [7].

Демпфирующий механизм – гидравлические или магнитореологические демпферы, предотвращающие раскачивание платформы и обеспечивающие плавное возвращение в нейтральное положение.

Для повышения точности стабилизации предлагается комбинированная система с обратной связью:

– датчики угла наклона (инклинометры или MEMS-гироскопы) непрерывно измеряют отклонение платформы от горизонтали;

– контроллер обрабатывает сигналы и при превышении порогового угла (например, 0,5°) подает команду на сервоприводы, корректирующие положение платформы;

– в качестве исполнительных механизмов используются шаговые двигатели с редукторами, обеспечивающие точность позиционирования до 0,1° [7].

Преимуществом предложенной схемы является возможность работы как в полностью пассивном режиме (только маятниковая стабилизация), так и в активном режиме при сильном волнении.

Платформа проектируется как унифицированный модуль, устанавливаемый между палубой судна и штатным 3D-принтером. Габаритные размеры модуля: длина 800 мм, ширина 600 мм, высота 400 мм (без учета принтера). Масса конструкции в сборе – 35–45 кг в зависимости от грузоподъемности.

Материалы изготовления: несущие рамы из алюминиевого сплава АМг5 (устойчив к морской коррозии), подшипниковые узлы из нержавеющей стали, противовес из свинца или чугуна.

Применение 3D-печати в морских условиях требует учета коррозионного воздействия. Исследования SINTEF показывают, что 3D-печатные металлические детали могут иметь иные коррозионные свойства по сравнению с традиционными из-за различий в микроструктуре [2]. Для ответственных деталей рекомендуется использование нержавеющих сталей 316L или никелевых сплавов Inconel, а также проведение дополнительной термической обработки для снятия внутренних напряжений [8].

На начальном этапе внедрения целесообразно ограничиться изготовлением деталей для неответственных систем (корпуса датчиков, крепежные элементы, рукоятки, защитные колпачки). Положительный опыт такого подхода демонстрирует ремонт пожарных извещателей на АО «ПСЗ “Янтарь”», где 3D-печать позволила восстановить защитные колпачки, себестоимость изготовления которых оказалась в 4–5 раз ниже покупки новых [9].

Эксплуатация бортового 3D-принтера требует подготовки членов экипажа. Минимально необходимый объем компетенций включает: работу в CAD-системах (базовый уровень), настройку режимов печати, постобработку изделий. Целесообразно создание на судне цифровой библиотеки 3D-моделей наиболее часто выходящих из строя деталей.

Расчет экономической эффективности проведен для РТМК-С «Капитан Богомолов» (экипаж 80–90 чел., автономность 90 сут).

Исходные данные:

– стоимость комплекта оборудования (3D-принтер + стабилизационная платформа) – 650 тыс. руб.;

– стоимость расходных материалов (филамент, металлический порошок) – 3–5 тыс. руб/кг;

– средняя стоимость доставки срочной запчасти авиатранспортом в удаленный район промысла – 80–120 тыс. руб.;

– стоимость одного дня простоя судна – от 300 тыс. руб. (по данным аналитических обзоров).

Оценка эффективности

При возникновении 3–4 отказов за рейс, требующих срочного ремонта, экономия только на логистике составляет 240–480 тыс. руб. Исключение простоев дает дополнительный экономический эффект. Срок окупаемости комплекта оборудования – 1–2 рейса.

Проведенный анализ показывает, что применение аддитивных технологий для ремонта оборудования рыбопромысловых судов является технически реализуемым и экономически эффективным решением. Ключевая проблема – обеспечение качества печати в условиях качки – решается применением двухосевой стабилизационной платформы с комбинированной системой пассивной и активной стабилизации.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на экспериментальную отработку режимов печати различных материалов в условиях, имитирующих морскую качку, а также на разработку методик оценки качества и сертификации деталей, изготовленных в судовых условиях.

Литература

1. *Котов В.С., Панкратов А.В., Резникова Р.К.* Реализация возможностей аддитивных технологий в техническом обслуживании газотурбинных двигателей // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2023. – С. 45–52.

2. SINTEF. Use of AM Metal Parts on the NCS – A Risk Perspective: Report for Norwegian Ocean Industry Authority. – 2025. – 45 p.

3. HMM‘s 3D Printing Trial Onboard Ships Promises Faster, Cost-Effective Repairs // 3D Printing Industry. – March 2025.

4. Discussion: Operating a 3D printer on a ship [Электронный ресурс] // 3D Printing Stack Exchange. – 2023. – URL: https://3dprinting.stackexchange.com/questions/21416 (дата обращения: 19.02.2026 г.)

5. Jensen N.J. Base Vibration Effects on Additive Manufactured Part Quality: A Study of 3D Printing Onboard U.S. Navy Ships: Master Thesis. – Michigan Technological University, 2021. – 155 p.

6. *Ильиных А.Б.* Исследование влияния направления выращивания на механические свойства изделий из алюминиевого сплава AlSi10Mg // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2024. – № 3. – С. 72–81.

7. Self-stabilizing anti-rolling device for shipborne 3D printer and control method therefor: Pat. CN118636481B / Chinese Patent Office. – 2024.

8. AML3D Expands WAM Empire with US Navy Contracts // Additive Manufacturing Magazine. – September 2025.

9. Опыт применения 3D-печати в судовом машиностроении на примере ремонта системы судовой пожарной автоматики / *А.В. Дектярев, П.Р. Гришин, А.В. Пчелинцев, В.Н. Морозов* // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2019. – № 54/55. – С. 87–95.

УДК 725.355

Е.А. Степанова, В.А. Митюков, В.А. Иодис, Е.Н. Горяка

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: len_sta@rambler.ru; mitvittwo@gmail.com; iodisva@mail.ru; goryaka@mail.ru

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ХОЛОДИЛЬНИК ЕМКОСТЬЮ 350 ТОНН ДЛЯ ГОРОДА ЕЛИЗОВО

В статье проведен расчет емкости распределительного холодильника, суточного поступления продуктов, площадей камер хранения. На основании расчета спроектирован холодильник для г. Елизово емкостью 350 тонн. Холодильник включает охлаждаемый склад, состоящий из двух камер, с теплоизолированным ограждением панелями типа «Сендвич», машинное отделение, служебные помещения, автомобильную платформу. Планировочные решения выполнены согласно своду правил по проектированию распределительных холодильников.

Ключевые слова: распределительный холодильник, емкость, теплоизоляция, потребная холодопроизводительность.

E.A. Stepanova, V.A. Mityukov, V.A. Iodis, E.N. Goryaka

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: len_sta@rambler.ru; mitvittwo@gmail.com; iodisva@mail.ru; goryaka@mail.ru

A 350-TON DISTRIBUTION REFRIGERATOR FOR THE CITY OF ELIZOVO

This article calculates the capacity of a distribution refrigerator, the daily product inflow, and the storage area. Based on these calculations, a refrigerator with a capacity of 350 tons was designed for the city of Yelizovo. The cold storage facility includes a refrigerated warehouse consisting of two chambers with insulated sandwich panel enclosures, a machine room, utility rooms, and a truck platform. The layout follows the code of practice for the design of distribution cold storage facilities.

Key words: distribution refrigerator, capacity, thermal insulation, required cooling capacity.

Холодильные склады являются неотъемлемой частью логистических цепочек в различных областях промышленности. Данные строения относятся к сложным инженерным объектам, которые позволяют сохранять качество продукции на протяжении всего срока низкотемпературного хранения. Процесс строительства холодильного склада требует тщательного планирования, точного расчета, учета строительных норм, правил и требований (СНиП, СП, СанПиН), требует строгой последовательности строительных работ (выравнивания территории, заливки усиленного фундамента, монтажа каркаса холодильника, установки панелей с герметизацией стыков/соединений, установки холодильного оборудования, пуско-наладочных работ) [1]. На этапе проектирования определяются наиболее важные параметры будущего объекта – место строительства, его климатические данные, особенности сохраняемой продукции. Строительные решения холодильника должны обеспечить максимальное снижение потерь холода и как следствие минимизацию холодопроизводительности, снижение потребной мощности оборудования при сохранении тепло-влажностных параметров внутренней воздушной среды.

Распределительные холодильники располагаются в городах, предназначены для временного хранения охлажденных продуктов, служат промежуточным звеном между заготовительными холодильниками и предприятиями розничной/оптовой торговли [2]. Распределительные холодильники служат важным звеном в непрерывной холодильной цепи, наравне с производственными, заготовительными, перегрузочными, торговыми холодильниками, долгосрочными холо-

дильными складами, складами временного хранения, рефрижераторным транспортом. Это определяет цель данной работы – проектирование современного распределительного холодильника для г. Елизово, способного стать важным звеном непрерывной холодильной цепи обеспечения потребителя качественными пищевыми продуктами с минимальными затратами.

Разработка объемно-планировочных решений проектируемого холодильника носит основной характер, наравне с расчетом и подбором холодильного оборудования, средств автоматизации и необходима для расчета нагрузки на холодильную установку, определения ее холодопроизводительности.

Согласно правилам проектирования холодильников [3], распределительный холодильник должен состоять из следующих основных частей: охлаждаемый склад с теплоизолированным ограждением, машинное отделение (10% от строительной площади холодильника), служебные помещения (30% от строительной площади холодильника), автомобильная/железнодорожная платформы, примыкающие к складу с фронтальных сторон. Распределительные холодильники емкостью ⩽ 5 000 т проектируют одноэтажными, их высота составляет не менее 6 м. При меньшей емкости высота холодильника может быть уменьшена до 4,2 м [3, 4]. При объеме камер холодильной обработки ⩽ 2 500 м^3 ширина автомобильной платформы принимается равной не менее 7,5 м, при высоте 1,2 м от поверхности погрузочно-разгрузочной площадки [3, 4]. Для поддержания стабильного температурного режима в камерах и уменьшения тепловой нагрузки необходима установка чердачной кровли. При проектировании зданий с отрицательными температурами в помещениях, вне зависимости от климатического района строительства необходимо предотвращать промерзание грунтов, которое приводит к разрушению фундаментов зданий. Предотвратить промерзание может электрообогрев грунта, получивший широкое распространение, обогрев незамерзающей жидкостью, устройство проветриваемого подполья. При этом системы защиты от промерзания должны предусматриваться под всеми помещениями холодильника – под низкотемпературными, под вспомогательными. При этом проектирование фундамента холодильника с использованием электрообогрева грунта требует определения глубины сезонного промерзания грунтов. Глубина промерзания грунтов определяется по [5], как произведение коэффициента, учитывающего тип грунта (d_0 = 0,3), на квадратный корень из безразмерного коэффициента M_t (численно равен сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год). Для данного места строительства холодильника – г. Елизово глубина промерзания грунта составляет 0,87 м.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили одноэтажные холодильники с использованием при строительстве каркасной конструкции и панелей типа «Сендвич», с теплоизолированным слоем из пенополиуретана, базальтового волокна, пенополистирола [6]. Основой расчета и выбора панелей, кроме равномерно распределенной нагрузки, перепада давления, вида и количества креплений (внутренние, внешние), их веса, является температурный режим их эксплуатации, т. е. необходимо учитывать климатические параметры района строительства.

Климат г. Елизово мало отличается от климата г. Петропавловска-Камчатского. Однако в холодный период года в г. Елизово температура ниже на несколько градусов, а скорость ветра меньше. В теплый период года в г. Елизово температура может подниматься выше 30°С.

Климатические параметры г. Елизово для проектирования отопления, вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения по данным [7] представлены в табл. 1.

Таблица 1

Климатические параметры г. Елизово [7]

Температура воздуха в теплый период года, °С	21
Среднесуточная амплитуда температуры воздуха в теплый период года, °С	7,3
Относительная влажность теплого периода года, %	5,2
Температура воздуха в холодный период года, °С	минус 14
Среднесуточная амплитуда температуры воздуха в холодный период года, °С	5,8
Относительная влажность холодного периода года, %	65
Среднегодовая скорость ветра, м/с	3,8

С учетом свода правил по проектированию холодильников [3] рассчитаем емкость проектируемого холодильника, суточное поступление продуктов, площади камер хранения, площади

машинного отделения и служебных помещений. Расчет проводим по зависимостям (1)–(7), результаты расчета приведены в табл. 2.

Определение необходимого количества мяса и рыбы в год для г. Елизово, т:

$$G = N \cdot n \cdot 12, \quad (1)$$

где N – норма потребления на человека, кг/мес/чел [8];

n – количество человек, проживающих в г. Елизово (36 240 чел.) [9].

Необходимая емкость холодильника условно рассчитывается при учете нормы потребления на человека мяса и морепродуктов, подлежащих хранению в холоде. При расчете учитываются усредненные годовые нормы потребления мясо- и рыбопродуктов, в соответствии с данными Минздрава РФ.

Определение суточного поступления продуктов на холодильник, т/сут:

$$G_{сут} = G/n_д, \quad (2)$$

где $n_д$ – количество суток в 12 месяцах, сут.

Определение емкости проектируемого холодильника, т:

$$E_{хол} = G_{сут} \cdot n_д \cdot S / B \cdot K_{вып}, \quad (3)$$

где B – эффективность доставки/выпуска продуктов;

$K_{вып}$ – коэффициент, учитывающий отклонения доставки грузов от месячной нормы;

S – коэффициент, учитывающий уже имеющиеся холодильные склады в г. Елизово.

С учетом того, что в г. Елизово уже существуют предприятия, занимающиеся хранением замороженной продукции, имеющие холодильные мощности, такие как ООО «Агротек», ТК Крупенич, ООО «Край Камчатки» и др., суточное поступление продуктов на проектируемый холодильник должно составлять не менее 70% от общего, необходимого количества.

Определение грузовой площади камер хранения, м^2:

$$F_{гр} = E_{хол} / \rho \cdot h_{гр}, \quad (4)$$

где ρ – плотность загрузки камер, 0,48 т/м^3 [4];

$h_{гр}$ – грузовая высота холодильника, 4,6 м [4].

Определение строительной площади камер хранения, м^2:

$$F_{стр} = F_{гр} / b_f, \quad (5)$$

где b_f – коэффициент использования площади камеры, 0,7 [4].

Строим планировку проектируемого холодильника, состоящую из двух одинаковых камер хранения, размером 12 × 12 м^2. Общая площадь холодильника составит 288 м^2, а размеры – 24 × 12 м^2.

Размещение машинного отделения, относительно холодильного склада должно обеспечивать минимальную длину трубопроводов подачи хладагента в камерные охлаждающие приборы [2].

Определение площади машинного отделения [2], м^2:

$$F_{мо} = 0{,}1 \cdot \sum F_{стр}. \quad (6)$$

Определение площади служебных помещений, м^2:

$$F_{сл} = 0{,}3 \cdot \sum F_{стр}. \quad (7)$$

Таблица 2

Результаты расчетов

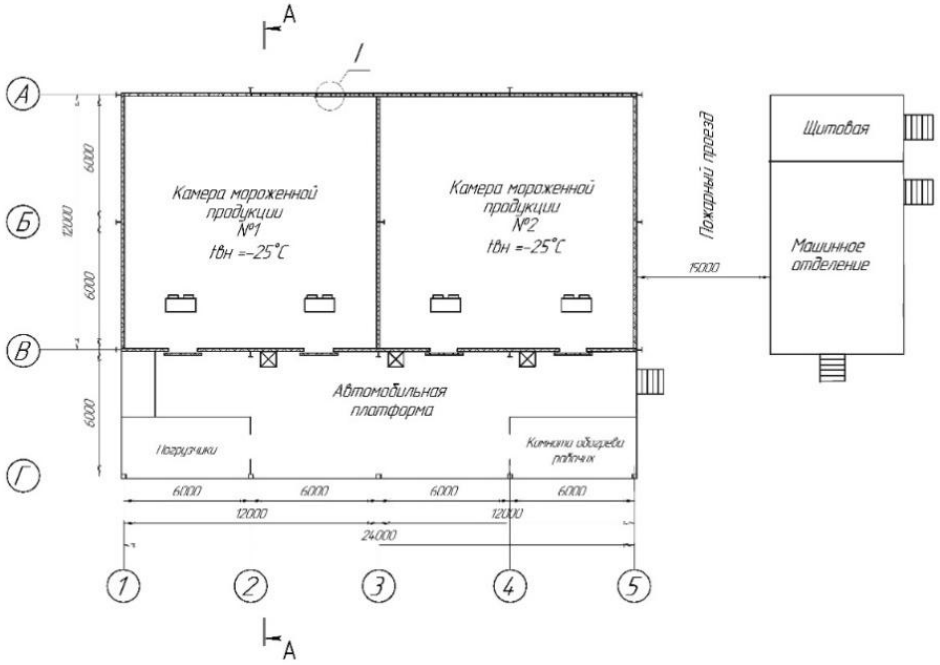
Необходимое количество мяса и рыбы в год для г. Елизово, т	G	3 622,55
Суточное поступление продуктов на холодильник, т/сут	$G_{сут}$	9,92
Емкость проектируемого холодильника, т	$E_{хол}$	352
Грузовая площадь камер хранения, м^2	$F_{гр}$	151
Строительная площадь камер хранения, м^2	$F_{стр}$	227
Площадь машинного отделения, м^2	$F_{мо}$	28,8
Площадь служебных помещений, м^2	$F_{сл}$	57,6

Планировка проектируемого (распределительного) холодильника для г. Елизово емкостью 350 т с разбивкой на камеры, представленная на рис. 1 *а*, *б*.

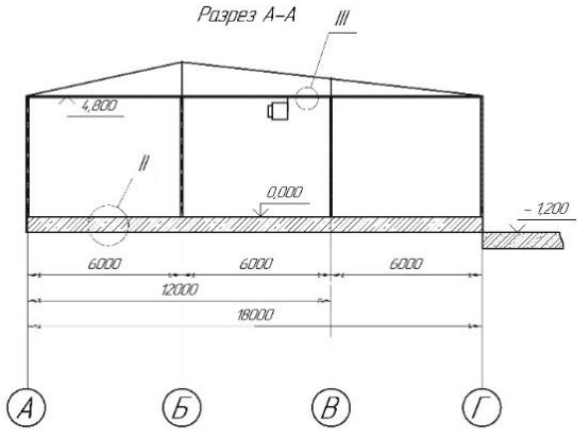
Грамотное определение грузовой и строительной площадей при заданной емкости холодильника непосредственно влияют на холодопроизводительность проектируемой установки.

С учетом зависимостей (4) и (5) можно записать:

$$F_{\text{стр}} = \frac{E_{\text{хол}}}{\rho \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta_f}. \tag{8}$$



а



б

Рис. 1. Планировка распределительного холодильника для г. Елизово емкостью 350 тонн: а – вид сверху; б – разрез

Тогда согласно основному уравнению теплопередачи, где $Q = f(F_{\text{стр}}, \Delta t, k)$ при снижении $h_{\text{гр}}$ и β_f увеличивается $F_{\text{стр}}$, что непосредственно повысит теплопритоки через ограждение, и как следствие увеличит потребную холодопроизводительность, Q_0.

Как показал расчет, результаты которого показаны на рис. 2, при снижении коэффициента использования площади камер от 0,9 до 0,7 и уменьшении грузовой высоты холодильника на 15% потребная холодопроизводительность вырастет в 1,48 раза.

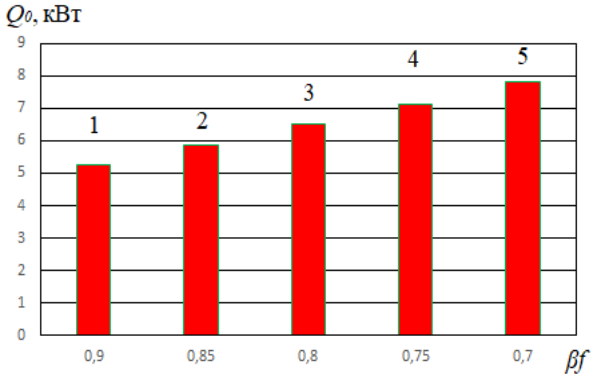


Рис. 2. Зависимость потребной холодопроизводительности от коэффициента использования площади камеры: 1 – β_f = 0,7; 2 – β_f = 0,75; 3 – β_f = 0,8; 4 – β_f = 0,85; 5 – β_f = 0,9

Рост холодопроизводительности установки повлечет увеличение объемного/массового расходов хладагента, необходимость в подборе и использовании более энергоемкого оборудования – компрессоров, насосов, вентиляторов [10, 11].

На основании расчета емкости проектируемого холодильника, суточного поступления продуктов, площадей камер хранения спроектирован распределительный холодильник для г. Елизово, емкостью 350 тонн, размерами 24 × 12 м. Холодильник включает охлаждаемый склад (2 камеры, емкость 175 т каждая) с теплоизолированным ограждением, машинное отделение, служебные помещения, автомобильную платформу. Для теплоизоляции ограждений выбраны панели типа «Сендвич». Планировочные решения выполнены согласно своду правил по проектированию распределительных холодильников.

Литература

1. *Быков А.В.* Проектирование холодильных сооружений. Справочник. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 255 с.

2. *Курылев Е.С., Оносовский В.В., Руянцев Ю.Д.* Холодильные установки. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.

3. СП 109.13330.2012. Свод правил. Холодильники. Актуализированная редакция СНиП 2.11.02-87 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 № 635/6) (ред. от 23.11.2020 г.). – М.: Минрегион, 2020. – 49 с.

4. *Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. 3-е изд., перераб и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.

5. СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16.12.2016 г. № 970/пр). – М.: Минстрой, 2016. – 49 с.

6. СП 362.1325800. Свод правил. Ограждающие конструкции из трехслойных панелей. Правила проектирования (утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 14.11.2017 г. № 1538/пр). – М.: Минстрой, 2017. – 40 с.

7. СП 131.13330.2025. СНиП 23-01-99* Строительная климатология: утвержден приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 08.08.2015 г. №470/пр. – М.: Минстрой, 2025. – 238 с.

8. Министерство Здравоохранения Российской Федерации: Официальный сайт. – Москва. – URL: https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebproduct/visual (дата обращения: 15.12.2025).

9. Федеральная служба государственной статистики: Официальный сайт. – Москва. – URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020 (дата обращения: 15.12.2025).

10. *Иодис В.А.* Гидравлика: Учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – 125 с.

11. *Иодис В.А.* Механика жидкости и газа: Учебное пособие для студентов направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения вузов региона». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 213 с.

УДК 629.5.06

А.С. Фатеева, Р.А. Гараев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: afateeva107@gmail.com

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛИКОНОВОГО ДЕМПФЕРА КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Данная статья посвящена исследованию силиконовых демпферов крутильных колебаний для судовых дизельных двигателей. Рассматривается роль данного типа демпферов в снижении амплитуды крутильных колебаний и предотвращении повышенных механических напряжений, что способствует повышению надежности и долговечности судовых энергетических установок. Особое внимание уделено методике изготовления и технологии монтажа силиконовых демпферов. Кроме того, проведен сравнительный анализ открытого и закрытого типа демпферов с оценкой их эксплуатационных характеристик. Представлены критерии выбора оптимального типа демпфера в зависимости от технических параметров и конструкции судовой пропульсивной системы.

Ключевые слова: силиконовый демпфер, судовая энергетическая установка, крутильные колебания, демпфер, валопровод, дизель.

A.S. Fateeva, R.A. Garaev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: afateeva107@gmail.com

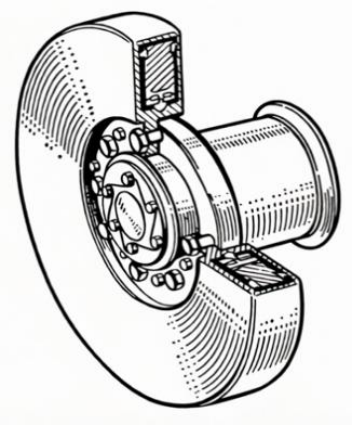
ON THE OPERATION OF SILICON DAMPER OF TORSIONAL OSCILLATIONS OF MARINE POWER PLANTS

This article examines silicone torsional vibration dampers for marine diesel engines. It examines the role of this type of damper in reducing torsional vibration amplitude and preventing increased mechanical stress, thereby improving the reliability and durability of marine propulsion systems. Particular attention is paid to the manufacturing methodology and installation technology of silicone dampers. Furthermore, a comparative analysis of open and closed dampers is conducted, along with an assessment of their performance characteristics. Criteria for selecting the optimal damper type are presented, depending on the technical parameters and design of the marine propulsion system.

Key words: silicone damper, marine propulsion system, torsional vibration, damper, shafting, diesel engine.

В современных судовых энергетических установках, особенно оснащенных дизельными двигателями внутреннего сгорания, одной из ключевых проблем являются крутильные колебания судового валопровода. Они возникают из-за неравномерности крутящего момента, создаваемого отдельными цилиндрами двигателя, а также под действием внешних нагрузок на гребной винт. При совпадении частот свободных и вынужденных колебаний внутренние моменты системы практически полностью уравновешиваются друг другом, вследствие чего вся энергия возмущающих моментов идет на увеличение кинетической и потенциальной энергии системы, которая начинает колебаться все с большей амплитудой [1]. Данное явление приводит к значительному росту напряжений в валопроводе и других элементах судовых технических средств, что в некоторых случаях может вызывать их аварийное разрушение [2]. Одним из наиболее эффективных средств борьбы с этой проблемой являются силиконовые демпферы крутильных колебаний. В отличие от традиционных механических (пружинных) демпферов они используют

вязкоупругие свойства силиконовой жидкости для поглощения и рассеивания энергии колебаний. При возникновении крутильных колебаний инерционная масса демпфера движется относительно корпуса, а силиконовая жидкость, перетекая между плоскостями, создает вязкое трение, за счет чего и происходит гашение колебаний.



Силиконовый демпфер крутильных колебаний

Силиконовый демпфер крутильных колебаний, показанный на рисунке, представляет собой устройство, предназначенное для снижения амплитуды крутильных колебаний в машинно-двигательных комплексах и защиты критически важных элементов судового валопровода от усталостной деформации и поломки.

За последние 30 лет силиконовые демпферы стали наиболее распространенными по причине их высокой эффективности в сочетании с простотой изготовления и эксплуатации. Данный факт позволил практически полностью заменить другие типы демпферов. Разделяют два вида данных устройств: закрытые корпусные и открытые. Разница между данными типами заключается в способе их монтажа и степени смягчения воздействия крутильных колебаний.

К преимуществам силиконовых демпферов относится высокая эффективность гашения вибраций и колебаний, что позволяет им обеспечивать повышенную защиту [3]. Не менее важным достоинством является широкий температурный диапазон работы, в пределах которого силикон сохраняет свои упругие и демпфирующие свойства, позволяя использовать данный тип демпферов в судовых валопроводах как с низкооборотными, так и с высокооборотными двигателями.

Силикон, как материал, характеризуется химической инертностью и устойчивостью к воздействию масел, растворителей и ряда других химических веществ, что расширяет возможности его применения в различных эксплуатационных условиях [4]. При соблюдении инструкций заводов-изготовителей силиконовые демпферы обладают высокой долговечностью и длительное время сохраняют амортизирующие характеристики. Низкая адгезия к поверхностям предотвращает прилипание к сопрягаемым деталям и образование следов в процессе эксплуатации. Особенность эксплуатации подобных демпферов в судовых энергетических установках проявляется в коррозионной стойкости и отсутствии коррозионных процессов в металлических элементах конструкции. В отдельных конструктивных исполнениях предусмотрена возможность ремонта и обслуживания демпферов, включая замену внутренних элементов.

Силиконовые демпферы требуют повышенной точности изготовления из-за малых зазоров между корпусом и маховиком. В их конструкции может быть предусмотрен внешний либо внутренний подшипник, а крышка корпуса крепится разными способами, среди которых можно выделить пайку, вальцовку или резьбовые соединения [5]. Практика показывает, что модели с внутренним подшипником отличаются более высокой надежностью и долговечностью, а демпферы со съемной крышкой на резьбе удобны в ремонте.

При изготовлении демпферов среди всех типов силиконовых жидкостей наиболее широкое распространение в технике получила полиметилсилоксановая жидкость. Такой выбор обоснован комплексом ценных эксплуатационных свойств, выражаемых в высокой химической инертности и вязкости, незначительной зависимостью от температурных колебаний, низкой температурой застывания, а также хорошей смазывающей способностью. Исследования [6] подтверждают, что указанные характеристики сохраняют стабильность на протяжении многих тысяч часов непрерывной работы.

Как и все устройства, силиконовые демпферы обладают и определенными недостатками, которые необходимо учитывать при их выборе и применении. Одним из ограничивающих факторов являются высокие требования к точности изготовления, поскольку малые зазоры между корпусом и маховиком требуют прецизионной обработки деталей, значительно увеличивающей стоимость производства. Сложность монтажа и сборки, обусловленная необходимостью точного позиционирования элементов и строгого соблюдения допусков, предполагает привлечение высококвалифицированных специалистов и использование специального оборудования.

По сравнению с гидравлическими и механическими аналогами силиконовые демпферы характеризуются ограниченной несущей способностью, что снижает их эффективность при работе в условиях перегрузок. Надежность и ресурс таких демпферов не является фиксированной величиной и в значительной степени зависят от качества сборки. Дополнительным фактором является стоимость высококачественного силиконового наполнителя, что особенно проявляется в конструкции со съемной крышкой или внутренним подшипником, которые, как правило, превышают стоимость аналогов, выполненных из других материалов.

Надежность эксплуатации находится в прямой зависимости от типа крепления крышки демпфера, поскольку конструкции с пайкой или вальцовкой не предусматривают возможности ремонта, в отличие от вариантов с резьбовым соединением. Кроме того, при систематическом воздействии экстремальных эксплуатационных факторов, таких как постоянные ударные нагрузки или сверхвысокие температуры, возможно постепенное ухудшение свойств силикона, что отразится в негативном ключе на долговечности и эффективности демпфирующих свойств устройства.

На данный момент существует два способа диагностики технического состояния силиконовых демпферов крутильных колебаний. Первый способ заключается в диагностике и определении остаточного ресурса демпфера на основе торсиографирования с последующим анализом данных по признанной методике классификационных обществ, в случае Российской Федерации это Российский морской регистр судоходства (РМРС) [7]. Данный метод позволяет получить приблизительную оценку технического состояния демпфера и спрогнозировать его остаточный ресурс. Основным преимуществом такого подхода выступает признание результатов классификационными обществами, поскольку данные диагностики принимаются при проведении плановых освидетельствований и соответствуют установленным нормам.

Второй способ предполагает отбор пробы наполнителя демпфера, с последующим проведением процедуры физико-химического анализа. В ходе лабораторных исследований оценивают различные параметры жидкости, влияющей на ее демпфирующие свойства. Несмотря на то, что метод одобрен РМРС и применяется на практике, у него есть существенные недостатки.

Результаты анализа дают лишь частичную картину технического состояния демпфера, поскольку в основном отражают свойства наполнителя и не позволяют выявить механические повреждения его конструктивных элементов. Кроме того, для корректной интерпретации полученных данных требуется, опять же, привлечение специалистов, обладающих глубокими знаниями в области крутильных колебаний и особенностей функционирования демпфирующих систем. Дополнительным ограничивающим фактором является то, что некоторые классификационные общества, в частности Российский речной регистр, не рассматривают данный способ в качестве основного метода диагностики, что сужает возможности его применения при проведении освидетельствований.

Резюмируя написанное, оба способа имеют свои сильные и слабые стороны. Первый обеспечивает общее представление о работоспособности демпфера в рамках требований регуляторов, а второй предоставляет детальную информацию о состоянии рабочей среды, но требует высокой квалификации от исполнителей и принимается не всеми классификационными обществами. Комплексное использование методов позволяет повысить точность диагностики и своевременно выявить признаки износа или деградации демпфера.

Несвоевременное обслуживание демпфера и его некачественная диагностика приводят к риску возникновения опасных крутильных колебаний, особенно в динамических режимах [8], которые способны вызвать серьезные повреждения критически важных элементов

Силиконовые демпферы крутильных колебаний являются эффективным средством снижения амплитуды крутильных колебаний в валопроводах морских судов и широко применяются в современных судовых энергетических установках. Однако их эксплуатация требует учета конструктивных особенностей, а также применения высокотехнологических методов диагностики их технического состояния, которую способен выполнить только высококвалифицированный персонал. Анализ показал, что существующие способы контроля обладают как преимуществами, так и своими ограничениями, вследствие чего на практике целесообразно их комплексное использование. Это позволяет повысить достоверность оценки состояния демпфера и снизить риск возникновения опасных крутильных колебаний в процессе эксплуатации судна.

Литература

1. *Терских В.П.* Крутильные колебания валопровода силовых установок. В 4 т.: Монография. – Ленинград: Судостроение, 1977.

2. *Царенко С.Н., Роменский Д.И., Корж А.С.* Исследование резонансных явлений крутильных колебаний валопроводов гребных винтов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – Вып. 67. – С. 8–20.

3. АО РЦПКБ «Стапель». Крутильные колебания валопроводов. Миф или реальная опасность? [Электронный ресурс]. – URL: https://www.stapel.ru/about/news/krutilnye-kolebaniya-valoprovodov-mif-ili-realnaya-opasnost-/ (дата обращения: 09.02.2026). Geislinger Monitoring System MK6 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.geislinger.com/en/products/product/geislinger-monitoring-mk6 (дата обращения: 10.02.2026).

4. *Ибадуллаев А.Д., Сибряев К.О., Стукалов А.С. Анализ* работоспособности силиконовых демпферов крутильных колебаний судовых двигателей внутреннего сгорания на основе результатов испытательного центра Marine Technology Service // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2022. – № 3. – С. 60-68.

5. *Ефремов Л.В.* Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. – СПб.: Наука, 2007. – 276 с.

6. *Исламова Р.М.* Функциональные силиконовые материалы: от идеи к практике // Всерос. конф. с междунар. участием «Идеи и наследие А.Е. Фаворского в органической химии»: Сборник тезисов (Санкт-Петербург, 03–06 июля 2023 года). – СПб.: Издательство ВВМ, 2023. – С. 179.

7. Оценка технического состояния силиконовых демпферов крутильных колебаний машинно-движительных комплексов судов / *К.О. Сибряев, М.Н. Покусаев, М.М. Горбачев, А.Д. Ибадуллаев* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2022. – № 4. – С. 67-72.

8. *Царенко С.Н., Р.А. Гараев* Динамика валопровода гребного винта при импульсном разгоне // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XIII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2022 года) / Отв. за вып. Т.А. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 149–153.

УДК 621.86/.87

С.Н. Царенко, М.Е. Вакуленко, К.А. Макаренко, А.С. Белослудцев

Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003
e-mail: tzarenko@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СИЛ ПРИ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЯХ СТРЕЛЫ БАШЕННОГО КРАНА

В статье представлена математическая модель колебаний стрелы башенного крана. Модель представляет собой жесткую балку, которая имеет с одной стороны шарнирное опирание, с другой – вязкоупругую связь. Рассмотрены собственные колебания системы, вызванные внезапным приложением груза. Приведены результаты экспериментальных исследований колебаний, выполненные на макете башенного крана. Экспериментально определена величина логарифмического декремента затухания, и рассчитан коэффициент вязкого трения.

Ключевые слова: башенный кран, упругие колебания, затухающие колебания, логарифмический декремент затухания, коэффициент вязкого трения, экспериментальные исследования.

S.N. Tsarenko, M.E. Vakulenko, K.A. Makarenko, A.S. Belosludtsev

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003
e-mail: tzarenko@rambler.ru

INVESTIGATION OF DISSIPATIVE FORCES DURING ELASTIC VIBRATIONS OF A TOWER CRANE BOOM

The article presents a mathematical model of boom vibrations of a tower crane. The model is a rigid beam that has a hinged support on one side and a viscoelastic bond on the other. The system's own oscillations caused by the sudden application of a load are considered. The results of experimental vibration studies performed on a mock-up of a tower crane are presented. The value of the logarithmic decay decrement has been experimentally determined and the coefficient of viscous friction has been calculated.

Key words: tower crane, elastic vibrations, damping vibrations, logarithmic decay rate, coefficient of viscous friction, experimental research.

Башенные краны имеют широкое применение как в строительной отрасли при возведении высотных зданий и сооружений, так и в логистических компаниях и складском хозяйстве. Крановые конструкции испытывают сложные воздействия природного и технологического характера [1, 2].

Актуальной задачей экономики в условиях дефицита трудовых ресурсов является повышение производительности труда наиболее эффективным способом, которой является автоматизация средств производства. Вопросы, касающиеся автоматизации системы управления башенным краном рассмотрены в статьях [3, 4]. В работе [5] предлагается способ управления стреловым краном с учетом контроля усилий, вызванных динамикой груза, однако автор ограничился только маятниковым эффектом. Для построения более сложной модели приближенной к реальной конструкции помимо упругих и инерционных характеристик системы необходимо учитывать и диссипативные силы. В отличие от упруго-инерционных параметров, которые по большей части, могут быть получены из технической документации, диссипативные силы в основном обусловлены случайными факторами. Наиболее эффективным способом исследования диссипативных сил является экспериментальное определение логарифмического декремента затухания [6].

Целью данной работы является построение модели затухающих колебаний стрелы башенного крана, а также разработка методики экспериментального определения коэффициента вязкого трения на основе макета башенного крана.

Разработка математической модели затухающих колебаний стрелы башенного крана. На рис. 1 представлена расчетная схема упругих колебаний стрелы башенного крана. Составим уравнение движения стрелы при статическом положении тележки и груза. Кинетическая энергия системы будет иметь вид:

$$T = \frac{1}{2} J_O \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2}\left(M_т + M_г\right) x^2 \dot{\varphi}^2, \tag{1}$$

где J_O – момент инерции стрелы крана относительно шарнира O, принимая стрелу за однородный стержень получим $J_O = M_c l_c / 3$, M_c – масса стрелы, l_c – длина вылета стрелы;

$M_т$, $M_г$ – масса тележки и груза соответственно;

x – координата положения тележки;

$\dot{\varphi}$ – угловая скорость наклона стрелы.

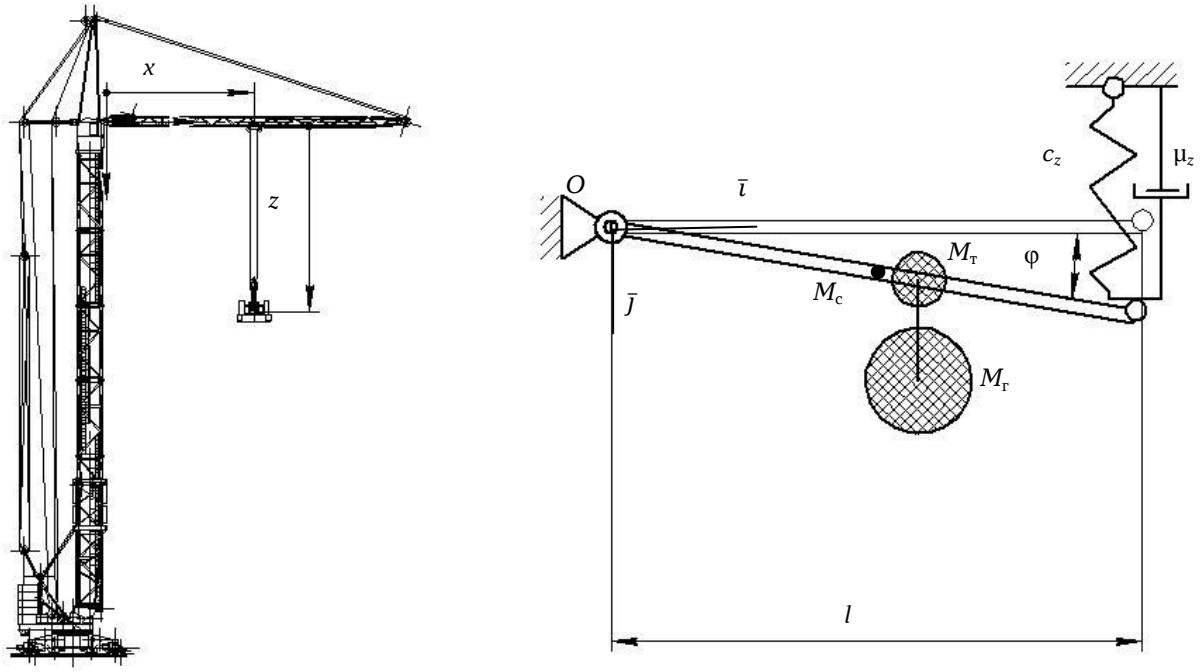


Рис. 1. Расчетная схема колебаний стрелы башенного крана

Сообщив возможное перемещение по углу $j - dj$ получим выражение для обобщенных сил:

$$Q = \frac{1}{2} M_c g l_c + (M_т + M_г) g x - c_z l^2 - \mu_z l^2 \dot{\varphi}, \tag{2}$$

где g – ускорение свободного падения;

c_z – коэффициент жесткости упругой связи;

μ_z – коэффициент вязкого сопротивления (демпфирования);

l – расстояние от шарнира до упругого подвеса.

Подставляя выражения кинетической энергии (1) и обобщенной силы (2) в уравнение Лагранжа второго рода получим:

$$\left(J_O + \left(M_т + M_г\right) x^2\right) \ddot{\varphi} + \mu_z l^2 \ddot{\varphi} + c_z l^2 = \frac{1}{2} M_c g l_c + \left(M_т + M_г\right) g x. \tag{3}$$

Неоднородному уравнению (3) соответствует однородное уравнение

$$\ddot{\varphi} + 2\nu\ddot{\varphi} + \lambda^2 = 0, \tag{4}$$

здесь

$$\nu = \frac{\mu_z l^2}{2\left(J_O + \left(M_т + M_г\right)x^2\right)};\ \lambda = \sqrt{\frac{c_z l^2}{J_O + \left(M_т + M_г\right)x^2}}.$$

Решение уравнения (4) известно:

$$\varphi(t) = C_1 e^{-\nu t}\cos\omega t + C_2 e^{-\nu t}\sin\omega t, \tag{5}$$

где $\omega = \sqrt{\lambda^2 - \nu^2}$ – собственная частота колебаний стрелы;

C_1, C_2 – произвольные постоянные.

Для экспериментального определения коэффициента демпфирования рассмотрим собственные колебания системы, вызванные внезапным приложением веса груза. Для этого найдем решение неоднородного уравнения:

$$\dot{\varphi} + 2\nu\dot{\varphi} + \lambda^2 = \frac{M_г g x}{J_O + \left(M_т + M_г\right)x^2}, \tag{6}$$

с однородными начальными условиями:

$$\varphi(0) = 0;\ \dot{\varphi}(0) = 0. \tag{7}$$

Таким образом, зависимость для угла наклона стрелы будет иметь вид:

$$\varphi(t) = \frac{M_г g x}{c_z l^2}\left(1 - e^{-\nu t}\cos\omega t - \frac{\nu}{\omega}e^{-\nu t}\sin\omega t\right). \tag{8}$$

Экспериментальные исследования колебания стрелы башенного крана. Экспериментальные исследования выполним на основе макета башенного крана, представленного на рис. 2. Собственные колебания в системе будем возбуждать путем внезапного приложения нагрузки грузом (*1)*. Тензометрический датчик (*5)* фиксирует изменение усилия в оттяжке (*4)*. Для повышения податливости системы используется пружина (*6)*. Данные измерения оцифруются и записываются в файл электронным блоком АЦП (*7*).

Компоненты блока АЦП представлены на рис. 3. В состав блока входит микропроцессор Arduino Nano (*1)*, управление блока и выбор параметров осуществляется с использованием энкодера (*2)*. Вывод данных исполняемой программы производится на дисплей (*5)*. Оцифровка результатов измерения производится модулем АЦП ADS1115 (*4)* с последующей записью в файл на SD карту (*3)*. Помимо записи нагрузки в файл, блок АЦП позволяет выполнить тарировку тензометрического датчика на статическую нагрузку.

Для макета крана параметры математической модели (1), (2) принимают следующие значения:

$M_с$ = 0,069 кг; l_c = 0,515 м; $M_т$ = 0,106 кг; $M_г$ = 0,265 кг; l = 0,375 м.

При определении параметров упругой связи будем полагать, что нить нерастяжима, а вся податливость системы обеспечивается пружиной. Согласно ГОСТ 13766-86 «Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса, разряда 1 из стали круглого сечения» для пружины наружного диаметра 5 мм, диаметром проволоки 0,5 мм, жесткость одного витка составляет c = 6,73 Н/мм, тогда коэффициент жесткости упругой связи составит:

$$c_z = 1000\frac{c}{n_в}\sin\alpha = 148{,}6\ \text{Н/м},$$

где $n_в$ = 28 – количество витков пружины;

α = 38,2° – угол наклона оттяжки.

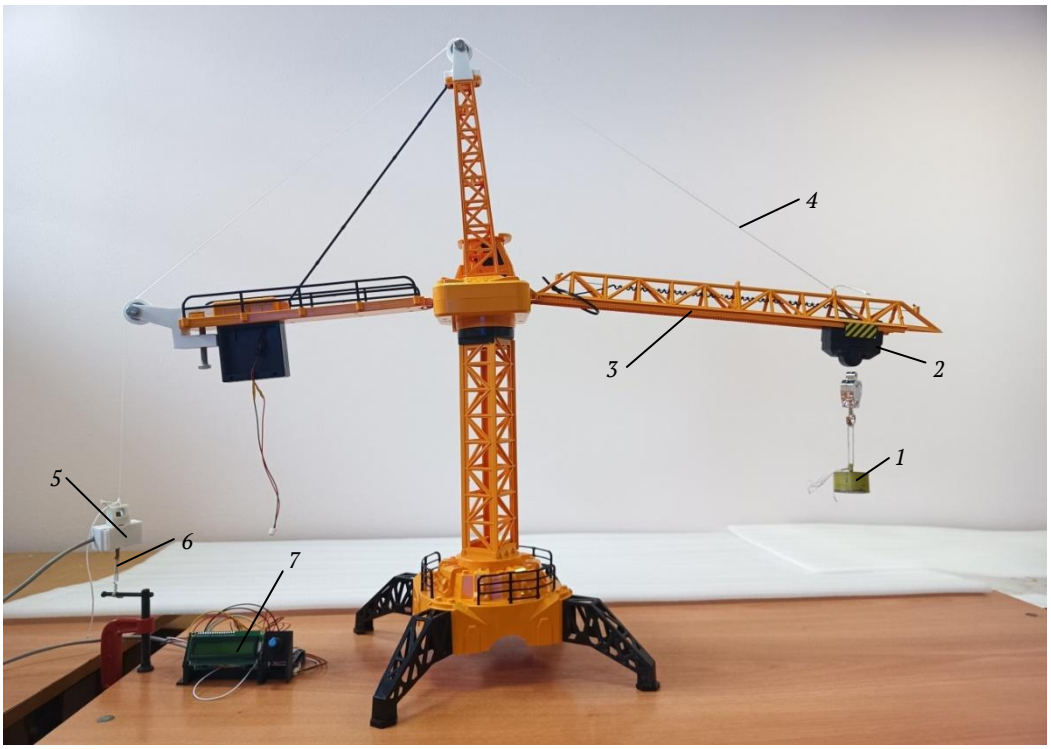


Рис. 2. Фотография макета башенного крана:
1 – груз; 2 – тележка; 3 – стрела крана; 4 – оттяжка; 5 – тензодатчик; 6 – пружина;
7 – блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП)

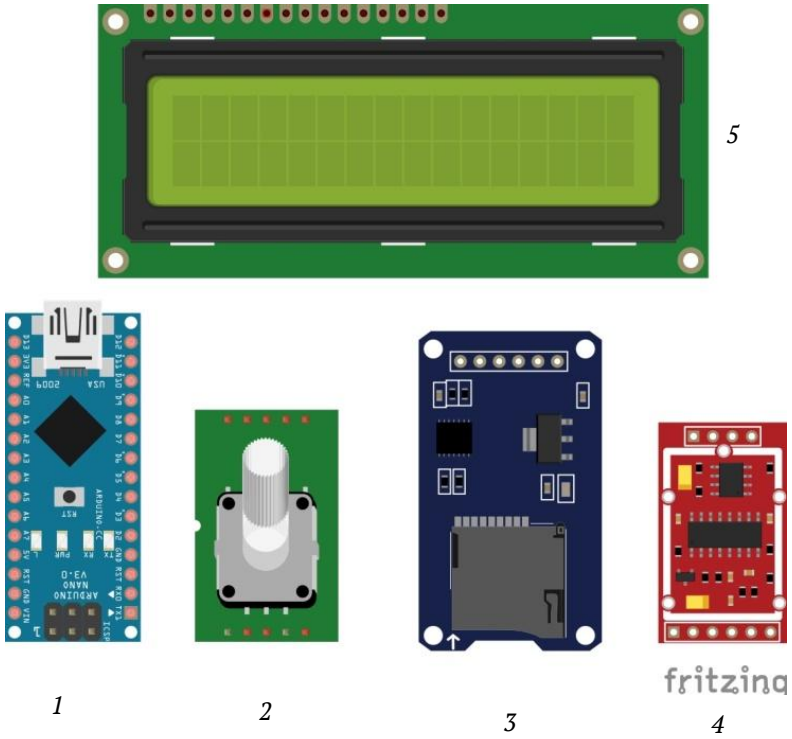


Рис. 3. Компоненты блока АЦП:
1 – микроконтроллер Arduino Nano; 2 – энкодер; 3 – модуль Micro SD;
4 – модуль АЦП ADS1115; 5 – дисплей LCD 1602

На рис. 4 представлен общий вид диаграммы изменения усилия в оттяжке и ее участок. Проведена серия испытаний для четырех положений тележки:

$$x = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4\} \text{ м.}$$

При обработке диаграмм непосредственно определялся период колебаний T, с и отношение соседних амплитуд – $\overline{A} = A_0 / A_1$ (рис. 4, *б*). Средние значения величин и их дисперсии представлены в таблице.

На основе полученных данных были рассчитаны следующие параметры системы:

– круговая частота колебаний и ее дисперсия:

$$\omega = \frac{2\pi}{\overline{T}};\ s_\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{\overline{T}^2}\right)^2 s_T^2;$$

– логарифмический декремент затухания и его дисперсия:

$$\varepsilon = \ln\overline{A};\ s_\varepsilon^2 = \left(\frac{1}{\overline{A}}\right)^2 s_A^2;$$

– коэффициент затухания и его дисперсия:

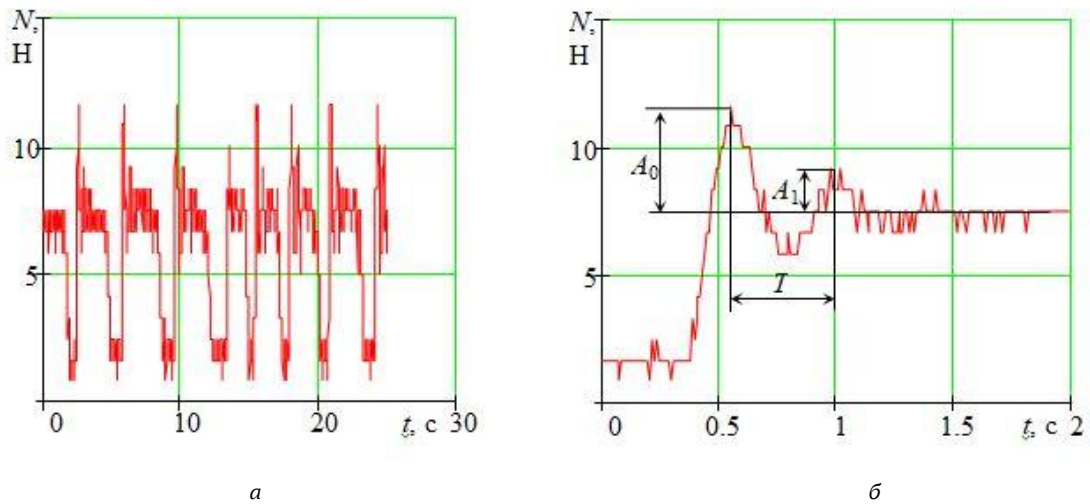
$$\nu = \frac{\varepsilon}{\overline{T}};\ s_\nu^2 = \left(\frac{\varepsilon}{\overline{T}^2}\right)^2 s_T^2 + \left(\frac{1}{\overline{T}}\right)^2 s_\varepsilon^2;$$

– коэффициент вязкого трения и его дисперсия:

$$\mu_z = \frac{2\nu\left(J_O + \left(M_т + M_г\right)x^2\right)}{l^2};$$

$$s_{\mu z}^2 = \left(\frac{2\left(J_O + \left(M_т + M_г\right)x^2\right)}{l^2}\right)^2 s_\nu^2.$$

Результаты расчетов величин сведены в таблицу. Для круговой частоты и коэффициента вязкого трения приведен доверительный интервал для уровня значимости – 0,05.



а *б*

Рис. 4. Диаграмма изменения усилия в оттяжке:
а – общий вид диаграммы для серии измерений; б – участок диаграммы

Результаты расчетов и обработки экспериментальных данных

Положение тележки x, м	0,1	0,2	0,3	0,4
Количество параллельных опытов	7	6	8	6
Среднее значение периода $\overline{T}$, с	0,1403	0,1752	0,3303	0,4408
Дисперсия периода s_T^2, $с^2$	0,0004092	0,000287	0,001708	0,001646
Круговая частота ω, рад/с	44,77	35,85	19,02	14,25
Дисперсия круговой частоты s_ω^2, $с^{-2}$	41,67	12,02	5,663	1,719
Коэффициент Стьюдента t	2,45	2,57	2,37	2,57
Доверительный интервал круговой частоты $[\omega_{min}; \omega_{max}]$	[38,79; 50,74]	[32,21; 39,49]	[17,02; 21,01]	[12,87; 15,62]
Теоретическое значение круговой частоты $\omega \approx \lambda$, рад/с	46,16	31,59	23,01	17,87
Расхождение по частоте D_ω, %	3,1	11,9	20,98	25,4
Среднее значение отношения амплитуд $\overline{A}$	2,455	3	3,055	2,378
Дисперсия отношения амплитуд s_A^2	0,627	2,4	1,191	0,6165
Логарифмический декремент затухания ε	0,898	1,099	1,117	0,8662
Дисперсия логарифмического декремента затухания s_ε^2	0,103	0,2667	0,1276	0,109
Коэффициент затухания ν, $с^{-1}$	6,4	6,272	3,382	1,965
Дисперсия коэффициента затухания s_ν^2, $с^{-2}$	6,103	9,059	1,349	0,5938
Коэффициент вязкого трения μ_z, Нс/м	0,893	1,868	1.899	1.829
Дисперсия коэффициента вязкого трения $s_{\mu z}^2$, $(Нс/м)^2$	0,119	0,803	0,426	0,515
Доверительный интервал коэффициента вязкого трения $[\mu_{zmin}; \mu_{zmax}]$	[0,774; 1,012]	[0,928; 2,808]	[1,352; 2,446]	[1,076; 2,582]

Из таблицы видно, что теоретические значения частоты колебаний системы хорошо согласуются с экспериментальными только для положений тележки вблизи шарнира, а при положении груза возле вязко-упругой связи расхождения значительны. При этом теоретические частоты не попадают в доверительный интервал, определенный для экспериментальных значений, что свидетельствует о том, что различия вызваны не случайным фактором. Наиболее очевидным объяснения данного факта является то, что при колебаниях происходит существенное изменение угла α, которое влияет на жесткость упругой связи и, соответственно, на частоту колебаний.

Значения коэффициента вязкого трения для трех из четырех положений тележки практически совпали. Самое низкое значение коэффициента, полученное для положения груза вблизи шарнира, наряду с его малой дисперсией объясняется низкой чувствительностью модуля АЦП ADS1115.

Литература

1. *Коган И.Я.* Строительные башенные краны. – М.: Машиностроение, 1971. – 400 с.

2. *Сорокин П.А., Мишин А.В., Хряков К.С.* Разработка и сравнение систем контроля устойчивости башенных кранов [Электронный ресурс] // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2016. – № 11-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-sravnenie-sistem-kontrolya-ustoychivosti-bashennyh-kranov (дата обращения: 01.03.2026).

3. *Ильичева Е.Д., Чулков В.О.* Нововведения по регулированию функционирования башенного крана как киберфизической системы для обеспечения безопасного возведения объекта строительства [Электронный ресурс] // Вестник евразийской науки. – 2020. – № 5. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/novovvedeniya-po-regulirovaniyu-funktsionirovaniya-bashennogo-krana-kak-kiberfizicheskoy-sistemy-dlya-obespecheniya-bezopasnogo (дата обращения: 01.03.2026).

4. *Мишин А.В., Сорокин П.А.* Реализация алгоритма управления приводами башенных кранов при ветровых воздействиях // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – С. 218–221.

5. *Редькин А.В.* Способ управления стреловым краном с учетом дополнительных динамических нагрузок // Известия Тульского государственного университетата. Технические науки. – 2013. – Вып. 12. – Ч. 1. – С. 233–238.

6. *Казакова О.И., Смолин И.Ю., Безмозгий И.М.* Анализ амплитудно-зависимых демпфирований и возможности их применения при расчете численными методами [Электронный ресурс] // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2018. – № 54. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-amplitudno-zavisimyh-dempfirovaniy-i-vozmozhnosti-ih-primeneniya-pri-raschete-chislennymi-metodami (дата обращения: 01.03.2026).

СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ И ИХ АДРЕСА

Научно-исследовательские организации

Алтайский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
656056, г. Барнаул, ул. Баварина, 2, оф. 502-513
Тел.: +7 (3852) 63-96-90
E-mail: altainiro@vniro.ru

Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
236022, г. Калининград, ул. Дмитрия Донского, д. 5
Тел.: +7 (4012) 21-56-45
E-mail: atlantniro@vniro.ru

Камчатский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
683000, г. Петропавловск Камчатский, ул. Набережная, д. 18
Тел.: +7 (4152) 41-27-01
E-mail: kamniro@vniro.ru

Камчатский филиал ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН»
683001, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, д. 6
Тел.: +7 (415-2) 41-24-64; факс: (415-2) 41-24-64
E-mail: kftigkamchatka@mail.ru

Магаданский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
685000, г. Магадан, ул. Портовая, дом 36/10
Тел.: +7 (4132) 60-71-86
E-mail: magadanniro@vniro.ru

Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, д. 6
Тел.: +7 (8152) 68-11-35; факс: (8152) 47-33-31
E-mail: pinro@vniro.ru

Псковский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
180007, г. Псков, ул. Максима Горького, д. 13
Тел.: +7 (8112) 57-16-00
E-mail: pskovniro@vniro.ru

Северный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 17
Тел.: +7 (8182) 633-833
E-mail: severniro@vniro.ru

Уральский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
620086, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 5
Тел.: +7 (343) 212-44-16
E-mail: uralniro@vniro.ru

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, д. 2.
Тел.: +7 (8692) 54-41-10
E-mail: ibss@ibss-ras.ru

Образовательные организации

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, стр. 16/1
Тел.: +7 (8512) 61-41-19
E-mail: astu@astu.ru

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б
Тел.: +7 (423) 244-03-06
E-mail: office@dgtru.ru

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10
Тел.: +7 (423) 265-24-29
E-mail: rectorat@dvfu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
236022, г. Калининград, Советский проспект, д. 1
Тел.: +7 (4012) 99-59-01
E-mail: klgtu@klgtu.ru

Другие организации

КГУП «Камчатский водоканал»
683009, г. Петропавловск-Камчатский, пр. Циолковского, д. 3/1
Тел.: +7 (4152) 300-230
E-mail: Priemnaya@pkvoda.ru

ФГБУК «Музей-заповедник «Музей Мирового океана»
236006, г. Калининград, набережная Петра Великого, д. 1
Тел.: +7 (4012)564-880; 538-915
E-mail: museum_info@world-ocean.ru