

Основной титульный экран

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

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ,  
ОХРАНА, ПРОМЫСЛОВЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции  
(21–22 марта 2023 г.)*

Электронное издание

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский  
2023

1 дополнительный экран

УДК 504  
ББК 20.1

Ответственный за выпуск

*Е.Г. Лобков,*  
доктор биологических наук

Редакционная коллегия

*В.И. Карпенко, д.б.н.; 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.; А.И. Задорожный, к.т.н.;  
М.В. Ефимова, к.б.н.; А.В. Климова, к.б.н.;  
Е.А. Малова; О.В. Ольхина; М.П. Гузь*

**Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование** : материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции (21–22 марта 2023 г.) [Электронный ресурс] / отв. за вып. Е.Г. Лобков. – Электрон. дан. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2023. – 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 978-5-328-00428-2

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, 2023

© Авторы, 2023

Техническая обработка  
и подготовка материалов – Е.Е. Бабух

Дата подписания к использованию 31.10.2023 г.  
Объем издания – 6,77 Мб  
Количество носителей – 1

Записано на материальный носитель:  
ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Издательство КамчатГТУ  
683003, г. Петропавловск-Камчатский,  
ул. Ключевская, 35  
Тел. (4152)300-953. Факс (4152)42-05-01  
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru

# ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ОХРАНА, ПРОМЫСЛОВЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции  
(21–22 марта 2023 г.)

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

<b>Бурдинский К.О., Матросова И.В.</b> Размерно-массовая характеристика кеты реки Ай (о. Сахалин) в сентябре 2022 года.....	4
<b>Вайнутис К.С., Беляев В.П., Андреев М.Е., Воронова А.Н.</b> Рабдохоноз трех видов верхогляда <i>Chanodichthys</i> (Actinopterygii: Cyprinidae) в условиях озера Ханка в раннезимний период .....	6
<b>Горбачева Е.А., Новиков М.А.</b> Содержание хлорорганических соединений в черном палтусе ( <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> ) Баренцева моря .....	11
<b>Жадько Е.А., Чусовитина С.В., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В.</b> Содержание микроэлементов в тканях пурпурной асцидии <i>Halocynthia aurantium</i> Pallas, 1787 (Ascidiacea: Stolidobranchia) Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) .....	16
<b>Калинина М.В.</b> Репродуктивные показатели и сроки размножения тихоокеанской устрицы <i>Crassostrea gigas</i> в разных поселениях Амурского залива (Японское море) .....	20
<b>Кобяков К.А.</b> Биологическое состояние и состав пищи у креветки <i>Spirontocaris intermedia</i> (Kobjakova, 1936) из Сахалинского залива (Охотское море) в августе 2016 года .....	23
<b>Новиков М.А., Горбачева Е.А.</b> Стойкие органические соединения в промысловых рыбах Баренцева моря в 2022 году .....	27
<b>Расходчикова А.Г., Седова Н.А.</b> Состав и распределение зоопланктона у юго-восточных берегов Камчатки в июне – июле 2018 года.....	32
<b>Сергеева М.М.</b> Размерно-массовая характеристика мидии с подвесной плантации бухты Широкой (Японское море) в 2022 году .....	37
<b>Степанов В.Г., Панина Е.Г.</b> Сходство фаун голотурий (Echinodermata: Holothuroidea) в дальневосточных морях России .....	40
<b>Судник С.А., Бегунова С.А.</b> Методика расширенной морфометрии и новый методический подход при определении степени зрелости самцов колючего рака <i>Faxonius limosus</i> (Rafinesque, 1817) (Astacoidea: Cambaridae).....	43
<b>Судник С.А., Колесникова А.Д.</b> Размерно-половой и весовой состав особей антарктического криля <i>Euphausia superba</i> (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) из двух районов Южного океана в 2020 году .....	48
<b>Турабжанова И.С., Сухин И.Ю.</b> Результаты мониторинга состояния поселений дальневосточного трепанга и приморского гребешка в проливе Старка Японского моря .....	53
<b>Ширяева Н.С.</b> Состав пищи пяти видов десятиногих раков из подотрядов Anomura и Brahyura, собранных в губе Зеленой (Баренцево море) в июле 2016 года .....	58

## Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ, СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

<b>Артюхин Ю.Б.</b> Мировой опыт электронного видеомониторинга прилова морских птиц и возможности его применения на специализированном траловом промысле минтая в дальневосточных морях России.....	63
<b>Балыкин П.А., Старцев А.В., Филатов В.Н.</b> Динамика российских уловов в Южно-Курильской зоне в XXI веке.....	69
<b>Гараев Р.А., Змеев А.Д.</b> Актуальность разработки подводного дрона и робота-манипулятора для отслеживания состояния водной биосферы Камчатского края.....	72
<b>Недоступ А.А., Ражев А.О., Багрова А.А., Васильев Д.Е.</b> К теории мультифизического подобия гидробионтов. Часть I.....	76
<b>Недоступ А.А., Ражев А.О., Багрова А.А., Васильев Д.Е.</b> К теории мультифизического подобия гидробионтов. Часть II.....	79
<b>Пожидаева Л.А., Солодиков И.А., Костенко А.В.</b> К вопросу о создании интеллектуальной системы контроля динамических характеристик судового валопровода.....	83
<b>Проценко И.Г., Емельянов Г.С.</b> Разработка базы данных для АИС составления расписания занятий в учебных заведениях рыбной отрасли.....	87
<b>Проценко И.Г., Мартыненко И.С.</b> АИС составления расписания учебных занятий в вузах рыбной отрасли.....	94
<b>Проценко И.Г., Юсов Н.С.</b> Оптимизация работы с базой данных ИС «Рыболовство».....	98
<b>Соколова Е.В.</b> Анализ общего допустимого улова водных биоресурсов в Калининградской области (Западный рыбохозяйственный бассейн).....	105
<b>Ястребов Д.П., Белов О.А., Швецов В.А., Рогожников А.О., Крутень Ю.В.</b> К вопросу совершенствования судоремонта и технического обслуживания морских судов Камчатского края.....	109

## Секция 3. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

<b>Белавина О.А., Швецов В.А., Опрышко Б.А.</b> Исследование метрологических характеристик результатов измерения температуры питьевой воды в скважине № 24 Авачинского водозабора.....	113
<b>Ермакова С.В.</b> Содержание подвижных форм бора и марганца в почвах земель сельскохозяйственного назначения Юго-Восточной Камчатки.....	117
<b>Задорожный А.И., Симахина М.А.</b> Проблемы отведения сточных вод кемпингов и глэмпингов.....	121
<b>Ильющенко Н.А., Позолотина Л.А., Авдощенко В.Г., Климова А.В.</b> Распределение тяжелых металлов в некоторых компонентах ландшафта прибрежных территорий Авачинской губы в 2020 году.....	124
<b>Мунгалова В.Р., Соколов М.А., Авдощенко В.Г., Климова А.В.</b> Оценка суммарного загрязнения тяжелыми металлами растительного покрова г. Петропавловска-Камчатского в 2021–2022 гг. ....	130
<b>Опрышко Б.А., Швецов В.А., Чернышев А.С.</b> О результатах цифровизации мониторинга Елизовского месторождения питьевых подземных вод.....	135
<b>Опрышко Б.А., Швецов В.А., Чернышев А.С., Чебыкин И.Н.</b> К вопросу эксплуатации безнапорных геотермальных скважин.....	139

<b>Рудев П.В., Климова А.В.</b>	
Мидия тихоокеанская как биомаркер загрязнения свинцом и кадмием прибрежных районов Авачинской губы .....	143
<b>Русанова В.А., Седова Н.А.</b>	
Определение содержания нефтепродуктов в воде и донных отложениях Авачинской губы в 2022 году .....	149
<b>Шалагина Н.М., Чебурина А.А., Голованева А.Е.</b>	
Итоги изучения сидеральных культур в Камчатском крае .....	153

#### **Секция 4. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Иодис В.А., Сарайкина И.П.</b>	
Получение низкотемпературной углекислоты для измельчения створок мидии тихоокеанской как подготовительной операции в технологии БАД.....	157
<b>Лемаева В.В., Ефимова М.В.</b>	
Влияние растительных добавок в составе формованных рыбных изделий на срок годности.....	161
<b>Лутова А.П., Мустафаева В.М.</b>	
Обоснование востребованности минтая на пищевом рынке.....	165
<b>Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Волков В.В., Калинина Н.С., Пьянов Д.С., Киселев Е.Г., Жила Н.О.</b>	
Переработка вторичного рыбного сырья для кормовых и технических целей .....	168
<b>Самбурская Н.В., Мезенова О.Я.</b>	
Экологически безопасная технология бездымного горячего копчения рыбы в водорослевом биогеле.....	173
<b>Ткачев В.В., Салтанова Н.С.</b>	
Разработка технологии аналоговых продуктов на основе сурими .....	178
Список организаций – участников конференции и их адреса .....	182

## Секция 1. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

УДК 639.3(597.552.51)"09.2022"

К.О. Бурдинский<sup>1</sup>, И.В. Матросова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Лосось – 2004»  
Южно-Сахалинск, 693012;

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, 690087  
e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru

### РАЗМЕРНО-МАССОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЕТЫ РЕКИ АЙ (О. САХАЛИН) В СЕНТЯБРЕ 2022 ГОДА

Изучены размерно-массовые характеристики кеты р. Ай (о. Сахалин) в сентябре 2022 г. В уловах присутствовали рыбы длиной от 49 до 74 см и массой от 1 520 до 4 370 г. Средняя длина составила  $(63,9 \pm 0,5)$  см, средняя масса  $(2\ 816,83 \pm 75,3)$  г.

**Ключевые слова:** кета, река Ай, о. Сахалин, длина тела, масса.

К.О. Burdinsky<sup>1</sup>, I.V. Matrosova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Salmon – 2004, LLC  
Yuzhno-Sakhalinsk, 693012;

<sup>2</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok, 690087  
e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru

### SIZE-MASS CHARACTERISTICS OF CHUM SALMON OF THE AI RIVER (SAKHALIN ISLAND) IN SEPTEMBER 2022

The size-mass characteristics of the chum salmon of the Ai River (Sakhalin Island) in September 2022 were studied. The catches contained fish with a length of 49 to 74 cm and a mass of 1 520 to 4 370 g. The average length was  $(63.9 \pm 0.5)$  cm, the average mass was  $(2\ 816.83 \pm 75.3)$  g.

**Key words:** chum salmon, Ai river, Sakhalin Island, body length, mass.

В Сахалинской области среди тихоокеанских лососей по численности и, соответственно, вылову преобладают горбуша и кета. Существенный вклад в воспроизводство тихоокеанских лососей вносит искусственное разведение. Более высокий показатель хоминга кеты (порядка 96%), сложная возвратная структура, способствующая некоторому сглаживанию межгодовых колебаний уловов, объясняет ее предпочтение перед горбушей [1, 2]. Повышенный интерес к разведению этого вида обусловлен и очевидными успехами, которых добились воспроизводящие ее предприятия. Как известно, эффективность работ по искусственному воспроизводству любого объекта в значительной степени определяется полнотой знаний о его важнейших биологических характеристиках.

Ай – река на острове Сахалин. Впадает в Охотское море. Протекает по Долинскому району Сахалинской области.

Цель работы – изучить размерно-массовый состав кеты (*Oncorhynchus keta*) р. Ай (Сахалинская область) в 2022 г.

Материал, положенный в основу работы, был собран на р. Ай в сентябре 2022 г. Биологический анализ и статистическая обработка данных проводились по общепринятым в ихтиологической практике методикам [3, 4].

В 2022 г. размерный состав был представлен особями длиной от 49 до 74 см, со средним размером 63,9 см, преобладали рыбы от 58 до 69 см. Модальный класс составили рыбы 64–66 см (28%) (рис. 1). Средняя длина самок и самцов совпала.

Модальный класс самцов 67–69 см (29%), длина их варьировалась в пределах от 49 до 74 см. Модальный класс самок 64–66 см (31%), длина их варьировалась от 56 до 73 см.

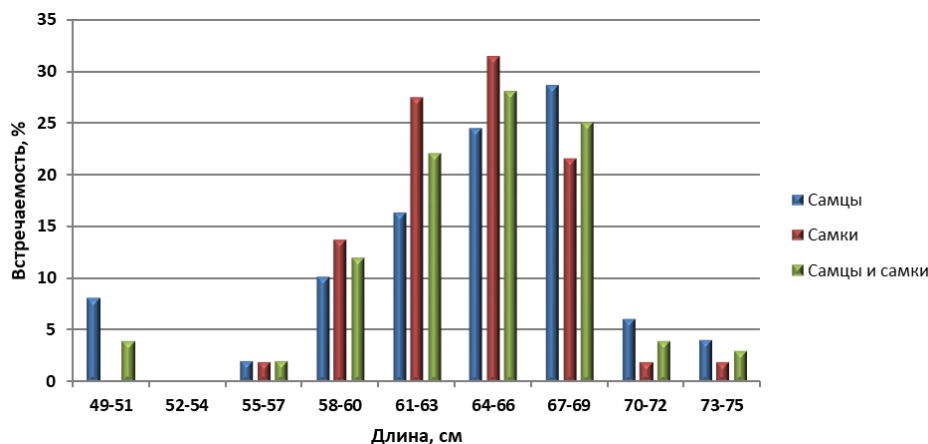


Рис. 1. Размерный состав кеты в р. Ай, 2022 г.

В сентябре 2022 г. кета была представлена рыбами с массой тела от 1 935 до 4 370 г (рис. 2). Модальный класс формировала кета 2 501–3 000 г (38%).

Масса самок варьировалась в пределах от 1 810 до 4 140 г. Масса самцов изменялась от 1 935 до 4 370 г. Модальный класс самок включал рыб 2 501–3 000 г (45%) (рис. 2). Большинство самцов имели массу 2 001–3 000 г (62%) (рис. 2).

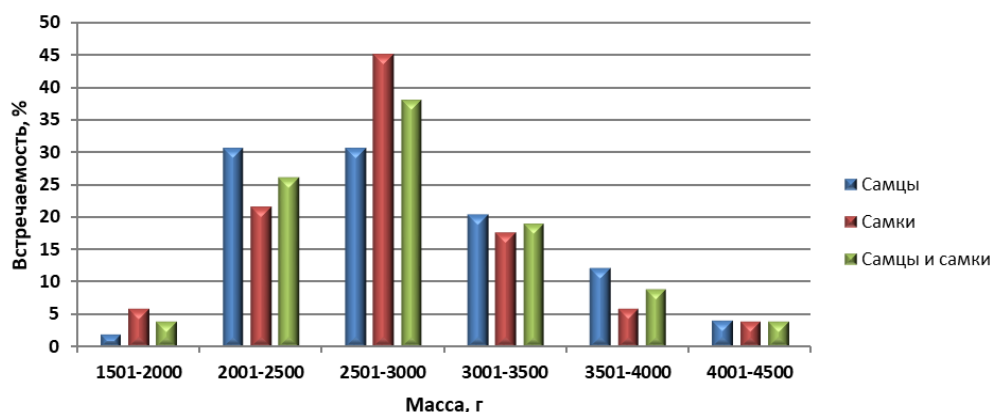


Рис. 2. Массовый состав кеты в р. Ай, 2022 г.

Полученные данные дополняют сведения о некоторых чертах биологии кеты р. Ай и будут полезны для специалистов в области изучения водных биоресурсов и аквакультуры.

### Литература

1. Иванков В.Н., Иванкова Е.В. Антропогенное воздействие на внутривидовую эколого-темпоральную дифференциацию и структуру популяций тихоокеанских лососей // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 181. – С. 23–34.
2. Каев А.М. Особенности воспроизводства кеты в связи с ее размерно-возрастной структурой. – Южно-Сахалинск, 2003. – 288 с.
3. Плохинский В.А. Биометрия. – Новосибирск, 1961. – 364 с.
4. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-ть, 1966. – 376 с.



УДК 597.554.3(571.63)

**К.С. Вайнутис<sup>1,2</sup>, В.П. Беляев<sup>1</sup>, М.Е. Андреев<sup>2,3</sup>, А.Н. Воронова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, 690087;

<sup>2</sup> Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),  
Владивосток, 690091;

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет,  
Владивосток, 690922  
e-mail: konstantin.vainutis@tinro-center.ru

### **РАБДОХОНОЗ ТРЕХ ВИДОВ ВЕРХОГЛЯДА *CHANODICHTHYS* (ACTINOPTERYGII: CYPRINIDAE) В УСЛОВИЯХ ОЗЕРА ХАНКА В РАННЕЗИМНИЙ ПЕРИОД**

На предмет гельминтных инвазий были обследованы промысловые карповые рыбы: верхогляд *Chanodichthys erythropterus*, горбушка *C. dabryi*, краснопер *C. mongolicus*, отловленные в озере Ханка в середине декабря. В кишечнике вышеперечисленных рыб выявлено заражение 62 нематодами рода *Rhabdochona* (семейство Rhabdochoniidae), которые являются возбудителями рабдохоноза рыб. Морфологический анализ 14 половозрелых особей позволил установить принадлежность собранных червей к виду *R. coronocauda*. Средняя интенсивность инвазии составила четыре, семь и 11 червей на одну особь верхогляда, краснопера и горбушки соответственно; экстенсивность инвазии – 50% в верхогляде и краснопере и 75% в горбушке.

**Ключевые слова:** Nematoda, *Rhabdochona*, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии, озеро Ханка.

**K.S. Vainutis<sup>1,2</sup>, V.P. Belyaev<sup>1</sup>, M.E. Andreev<sup>2,3</sup>, A.N. Voronova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> The Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok 690087;

<sup>2</sup> Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO),  
Vladivostok 690091;

<sup>3</sup> Far Eastern Federal University,  
Vladivostok 690922

e-mail: konstantin.vainutis@tinro-center.ru

### **RHABDOCHONIASIS OF THREE SPECIES OF *CHANODICHTHYS* (ACTINOPTERYGII: CYPRINIDAE) IN KHANKA LAKE IN EARLY WINTER**

Cyprinids of commercial importance were examined to determine helminthic invasions, namely: skygazer *Chanodichthys erythropterus*, humpback *C. dabryi*, the Mongolian redfin *C. mongolicus* caught in Lake Khanka in mid-December. We observed intestinal infection of all three *Chanodichthys* species with 62 nematodes of the genus *Rhabdochona* (family Rhabdochoniidae), which are the causative agents of fish rhabdochoniasis. Morphological analysis of 14 mature individuals revealed the collected worms belonging to *R. coronocauda*. The average intensity of infection was four, seven, and 11 worms per individual of skygazer, redfin, and humpback, respectively; the prevalence of infection was 50% in the skygazer and redfin and 75% in humpback.

**Key words:** Nematoda, *Rhabdochona*, prevalence of infestation, intensity of infestation, Khanka Lake.

К роду *Rhabdochona* Railliet, 1916 из семейства Rhabdochoniidae (рабдохониды) относятся кишечные паразитические нематоды морских и пресноводных рыб. Преимущественно рабдохонозом поражаются представители семейств карповые Cyprinidae и лососевые Salmonidae, имеющие важное промысловое значение. В последнем советском определителе [1] указано 14 видов *Rhabdochona*, однако в настоящий момент международная база данных WoRMS насчитывает

86 видов, широко распространенных по земному шару. Наибольший вклад в изучение видового разнообразия рабдохонид внес чешский исследователь Франтишек Моравец, описавший самостоятельно или в соавторстве 23 вида. В частности, в Северо-Восточной Азии было отмечено пять видов [2], из них три вида найдены на Дальнем Востоке России – *R. denudata* (Dujardin, 1845) Railliet, 1916, *R. longispicula* Belous, 1955 и *R. coronocauda* Belous, 1965. На сегодняшний день валидность подтверждена для 19 видов *Rhabdochona* на основании молекулярно-генетических данных [3–9]); в данный список не входят дальневосточные виды *R. longispicula* и *R. coronocauda*.

*Цель настоящего исследования* – установить видовую принадлежность нематод, обнаруженных у трех видов рода *Chanodichthys* (Cyprinidae), и оценить степень их зараженности в условиях озера Ханка в раннезимний период.

Материалом для паразитологических исследований послужили 14 особей карповых рыб (сунгарики *Chanodichthys*) из озера Ханка, которых любезно предоставил ведущий научный сотрудник лаборатории биологических ресурсов континентальных водоемов и рыб эстуарных систем ТИНРО М.Е. Шаповалов. Выборка карповых рыб включала шесть верхоглядов *C. erythropterus*, четыре горбушки *C. dabryi*, четыре краснопера *C. mongolicus*, которые были обследованы методом полного гельминтологического вскрытия. В кишечнике зараженных рыб было обнаружено 14 нематод в трех верхоглядах, 34 нематоды в трех горбушках, 14 нематод в двух красноперах.

Постоянные зоологические препараты изготавливали по стандартному методу заключения нематод в глицерин-желатин [10]. Измерения препаратов (представлены в миллиметрах) проводили с помощью светового микроскопа ВХ53F (Olympus, Япония). Видовую принадлежность нематод определяли по работам Скрябина и соавт. [11], Висманис и соавт. [1] и Моравца и соавт. [12].

#### **Морфологическое описание *Rhabdochona coronocauda* Belous, 1965**

*Окончательные хозяева*: верхогляд *Chanodichthys erythropterus* (Basilewsky, 1855), краснопер *C. mongolicus* (Basilewsky, 1855), горбушка *C. dabryi* (Bleeker, 1871).

*Локализация*: кишечник.

*Локалитет*: Россия, Приморский край, Ханкайский район, озеро Ханка.

*Коллекционный материал*: образцы хранятся в гельминтологической коллекции лаборатории по изучению ихтиопатогенов водных биологических ресурсов ТИНРО; регистрационный номер: IchPb23-1.

*Описание*. Основано на 14 половозрелых особях, из которых три самца и 11 самок. Небольшие нематоды с мелко, поперечно исчерченной кутикулой. Длина тела: 7,115–7,92 мм (самцы); 9,267–11,503 мм (самки). Ширина тела: 0,089–0,115 мм (самцы); 0,098–0,178 мм (самки). Имеются узкие боковые крылья, простирающиеся примерно от уровня переднего края мышечного отдела пищевода до уровня клоакального отверстия у самцов и до фазмид у самок. Рот овальный, с четырьмя небольшими субмедианными сублябиями, окруженными четырьмя субмедианными головными сосочками и парой латеральных амфид. Простома небольшая, воронковидная, с удаленными друг от друга базальными зубцами. Имеются шесть передних зубцов: один дорсальный, один вентральный и четыре латеральных (по два с каждой стороны). Вестибула относительно длинная. Дейриды мелкие, простые, неразветвленные, расположены около середины вестибулы или кзади от нее. Число фазмид у самцов: семь преклоакальных и шесть постклоакальных пар. У самок матка обширно заполнена многочисленными яйцами, размеры которых 0,026–0,033 мм длины к 0,017–0,019 мм ширины.

**Замечания.** Морфология обнаруженных червей полностью согласуются с таковой вида *Rhabdochona coronocauda*, описанного Моравцем и соавт. [12]. Ключевые диагностические признаки *R. coronocauda* следующие: наличие дейрид (шейные сосочки) и боковых крыльев, количество зубов ротовой капсулы (шесть) и фазмид на задней части тела самцов (семь преклоакальных и шесть постклоакальных). От морфологически самого близкого вида *R. longispicula* отличается формой дейрид (раздвоенные у *longispicula*) и количеством фазмид (восемь преклоакальных у *longispicula*).

**Паразитологические показатели.** Нематода *Rhabdochona coronocauda* является одним из часто встречаемых паразитов отряда карпообразных и реже других рыб в бассейне озера Ханка [13–16]. При вскрытии ЖКТ видов *C. erythropterus*, *C. dabryi* и *C. mongolicus* в кишечнике обнаружены несколько видов насекомых и рачков. Как известно, насекомые выступают в качестве промежуточных хозяев для видов рода *Rhabdochona* [17]. Так, например, роль таковых отведена

представителям отрядов поденок Ephemeroptera (*Caenis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Ephemerella*, *Heptagenia*) и ручейников Trichoptera (*Hydropsyche*) [18–25]. Учитывая, что в Приморском крае температура воздуха в декабре падает ниже 0°C, к этому моменту указанные выше насекомые погибают. Следовательно, заражение рыб рабдохонозом происходит в осенний период, а развитие рабдохонид в кишечнике рыб до половозрелой стадии завершается к декабрю, на что указывает факт заполнения матки *R. coronocauda* многочисленными яйцами со сформировавшимися в них личинками.

**Показатели зараженности трех видов *Chanodichthys* нематодой *Rhabdochona coronocauda* в середине декабря 2022 г. в озере Ханка**

Вид хозяина	Общее количество	ЭИ <sup>1</sup>	ИИ <sup>2</sup> , мин/макс	СИИ <sup>3</sup>	ИО <sup>4</sup>
<i>C. erythropterus</i>	14	50%	3/6	~4,67	~2,33
<i>C. dabryi</i>	34	75%	2/29	~11,33	8,5
<i>C. mongolicus</i>	14	50%	4/10	7	3,5

Примечание: 1 – экстенсивность инвазии; 2 – интенсивность инвазии; 3 – средняя интенсивность инвазии; 4 – индекс обилия.

Примечательно, что в более ранней работе Ермоленко и Буторина [13] обнаружили три вида рода *Rhabdochona*: типовой *Rhabdochona denudata*, *R. longispicula* и *R. coronocauda* в карповых рыбах подсемейства Cultrinae озера Ханка. Исследователи отметили *Rhabdochona coronocauda* в верхогляде, горбушке, острогрудке *Culter alburnus* и корейской востробрюшке *Hemiculter eigenmanni*, однако показатели их экстенсивности и интенсивности инвазии и индекса обилия намного меньше таковых описанных в данном исследовании. Кроме того, Ермоленко [14] изучил паразитофауну пяти видов вьюновых рыб, из которых лишь щиповка Лютера *Cobitis lutheri* была заражена *R. coronocauda*; остальные представители рода *Rhabdochona* у вьюновых найдены не были. Позже, Ермоленко и Беспрозванных [15] указали эту же нематоду в змееголове *Channa argus warpachowskii*. В работе Моравецца с соавт. [12] *R. coronocauda* был отмечен в острогрудке, а показатели экстенсивности и интенсивности инвазии были ниже тех, которые привели Ермоленко и Буторина [13] для рыб подсемейства Cultrinae. Из литературы известно, что на юге Приморского края среди рабдохонид *R. coronocauda* чаще всего заражает рыб озера Ханка и рек бассейна Амура в целом [26, 27]. Известны также находки этого вида в Японии и Китае [28, 29]. Однако сезонность заражаемости рыб рабдохонидами ранее не исследовали. Мы показали, что в зимний период все три вида верхогляда могут быть инфицированы этой нематодой. Ввиду того, что ранее исследователи не указывали сезонность заражения рыб озера Ханка рабдохонозом, в дальнейшем предстоит оценить степень зараженности *Chanodichthys* spp. в весенний, летний и осенний периоды.

*Rhabdochona coronocauda* представляет интерес при изучении гельминтофауны и паразитоценозов естественных водоемов. Повышенная интенсивность заражения рабдохонами может привести к гибели сунгариков, которые относятся к промысловым рыбам, в бассейне озера Ханка. Нами оценена зараженность трех видов верхоглядов *Chanodichthys* нематодой *R. coronocauda* в раннезимний период. Регулярное питание верхоглядов различными насекомыми отрядов поденок Ephemeroptera и ручейников Trichoptera обеспечивает стабильность жизненного цикла исследованных нематод. Можно предположить, что их жизненный цикл *R. coronocauda* продолжается непрерывно круглый год, но с некоторыми вариациями интенсивности и экстенсивности инвазии в зависимости от рациона рыб в тот или иной сезон. В последующем предстоит выявить закономерность встречаемости *R. coronocauda* в весенний, летний и осенний периоды. Для будущих исследований весьма актуален вопрос о выяснении таксономического положения дальневосточных видов *Rhabdochona* в системе рабдохонид с применением современных методов молекулярной биологии.

## Литература

1. Семейство Rhabdochonidae / К.О. Висманис, В.В. Ломакин, В.Д. Ройтман, М.К. Семенова, В.Я. Трофименко // О.Н. Бауер (ред.) Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные. Ч. 2. – Л.: Наука, 1987. – С. 218–240.

2. Ермоленко А.В. Паразиты животных и человека юга Дальнего Востока. Часть 4. Нематоды. – Владивосток: Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, 2019. – 218 с.
3. Wijová M., Moravec F., Horák A., Lukes J. Evolutionary relationships of Spirurina (Nematoda: Chromadorea: Rhabditida) with special emphasis on dracunculoid nematodes inferred from SSU rRNA gene sequences // International journal for Parasitology. – 2006. – Т. 36, № 9. – P. 1067–1075. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2006.04.005>
4. Mwitwa C.J., Nkwengulila G. Phylogenetic relationships of the metazoan parasites of the clariid fishes of lake Victoria inferred from partial 18S rDNA sequences // Tanzania Journal of Science. – 2010. – Т. 36. – С. 47–58.
5. The phylogenetics of Anguillicolidae (Nematoda: Anguillicolioidea), swimbladder parasites of eels / D.R. Laetsch, E.G. Heitlinger, H. Taraschewski, S.A. Nadler, M.L. Blaxter // BMC evolutionary biology. – 2012. – Т. 12, № 60. – URL: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-60>
6. Choudhury A., Nadler S.A. Phylogenetic Relationships of Spiruromorph Nematodes (Spirurina: Spiruromorpha) In North American Freshwater Fishes // Journal of Parasitology. – 2018. – Т. 104, № 5. – С. 496–504. – URL: <https://doi.org/10.1645/17-195>
7. Taxonomic status of *Rhabdochona ictaluri* (Nematoda: Rhabdochonidae) based on molecular and morphological evidence / O. Lagunas-Calvo, A. Santacruz, D.I. Hernández-Mena, G. Rivas, G. Pérez-Ponce de León, R. Aguilar-Aguilar // Parasitology Research. – 2019. – Т. 118. – С. 441–452. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6189-8>
8. Morphological and Molecular Evidence for a New Rhabdochonid Species (Nematoda: Rhabdochonidae) Parasitizing *Profundulus oaxaca* (Profundulidae) in the State of Oaxaca, Mexico / J.M. Caspeta-Mandujano, J.C. Salinas-Ocampo, M. Calixto-Rojas, M. Rubio-Godoy, C.D. Pinacho-Pinacho // The Journal of Parasitology. – 2020. – Т. 106, № 2. – С. 261–267. – URL: <https://doi.org/10.1645/19-179>
9. Santacruz A., Ornelas-García C., Pérez-Ponce de León G. Diversity of *Rhabdochona mexicana* (Nematoda: Rhabdochonidae), a parasite of *Astyanax* spp. (Characidae) in Mexico and Guatemala, using mitochondrial and nuclear genes, with the description of a new species // Journal of Helminthology. – 2020. – Т. 94, № E34. – URL: <https://doi.org/10.1017/S0022149X19000014>
10. Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. Микроскопическая техника. – М.: Советская наука, 1957. – 476 с.
11. Скрябин К.И., Соболев А.А., Ивашкин В.М. Семейство Rhabdochonidae Skrjabin, 1946 // Основы нематодологии. Том 16. Спирураты животных и человека и вызываемые ими заболевания. Часть 4. Телязиоидеи / К.И. Скрябин (ред.). – М.: Наука, 1967. – С. 304–477.
12. New data on the morphology of some Far-Eastern species of *Rhabdochona* (Nematoda: Rhabdochonidae), as revealed by SEM observations / F. Moravec, A.V. Ermolenko, V.V. Besprozvannykh, T. Scholz // Folia parasitologica. – 2012. – Т. 59, № 3. – С. 195–208. – URL: <https://doi.org/10.14411/fp.2012.027>
13. Ермоленко А.В., Буторина Т.Е. Паразитофауна карповых рыб подсем. Cultrinae бассейна оз. Ханка // Паразитология. – 1998. – Т. 32, № 2. – С. 156–166.
14. Ермоленко А.В. Фауна паразитов вьюновых рыб (сем. Cobitidae) водоемов Приморского края // Паразитология. – 2004. – Т. 38, № 1. – С. 53–67.
15. Ермоленко А.В., Беспрозванных В.В. Фауна паразитов змееголова (*Channa argus* Wagrachowskii) Приморского края // Паразитология. – 2008. – Т. 42, № 4. – С. 325–329.
16. Барабашева В.А. Состав паразитофауны востробрюшки (*Hemiculter lucidus*) озера Ханка // Материалы VI Междунар. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Рыбоводство – аквакультура». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. – С. 81–84.
17. Moravec F. Some aspects of the taxonomy, biology, possible evolution and biogeography of nematodes of the spirurine genus *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Rhabdochonidae, Thelazioidea) // Acta Parasitologica. – 2010. – Т. 55, № 2. – С. 144–160. – URL: <https://doi.org/10.2478/s11686-010-0017-3>
18. Штейн Г.А. К вопросу о жизненном цикле и условиях обитания нематоды *Rhabdochona denudata* (Dujardin, 1845) // Докл. АН СССР. – 1959. – Т. 127, № 6. – С. 1320–1321.
19. Vojtková L. Beitrag zur Kenntnis der Helminthofauna der Wasserwirbellosen. III. Cestoda, Nematoda, Acanthocephala // Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovacaе. – 1971. – V. 35. – P. 146–155.
20. Moravec F. Life history of the nematode *Rhabdochona phoxini* Moravec, 1968 in the Rokytká Brook, Czechoslovakia // Folia Parasitologica. – 1977. – V. 24. – P. 97–105.
21. Moravec F. Observations on the occurrence and maturation of the nematode *Rhabdochona denudata* (Dujardin, 1845) in chub, *Leuciscus cephalus* (L.), of the Rokytná River, Czechoslovakia // Parasitologia. – 1989. – V. 31. – P. 25–35.

22. Moravec F. Trichopteran larvae (Insecta) as the intermediate hosts of *Rhabdochona hellichi* (Nematoda: Rhabdochonidae), a parasite of *Barbus barbus* (Pisces) // Parasitology Research. – 1995. – V. 81. – P. 268–270. DOI: 10.1007/BF00937122.

23. Moravec F. Metazoan parasites of salmonid fishes of Europe. – Prague: Academia, 2004. – 510 p.

24. Endohelminth fauna of barbel, *Barbus barbus* (L.), under ecological conditions of the Danube basin in Central Europe / F. Moravec, R. Konečný, F. Baska, M. Rydlo, T. Scholz, K. Molnár, F. Schiemer. – Prague: Academia, 1997. – 96 p.

25. Saraiva A.M., Pereira A., Cruz C. Observations on the occurrence and maturation of *Rhabdochona anguillae* (Nematoda: Rhabdochonidae) in the Sousa River, Portugal // Helminthologia. – 2002. – V. 39. – P. 41–43.

26. Белоус Е.В. Нематоды пресноводных рыб Приморского края // Паразитические черви домашних и диких животных. – Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1965. – С. 48–67.

27. Ермоленко А.В. Паразиты рыб пресноводных водоемов континентальной части бассейна Японского моря. – Владивосток: ДВО РАН. – 1992. – С. 186–189.

28. Moravec F., Nagasawa K. Helminth parasites of the rare endemic catfish, *Liobagrus reini*, in Japan // Folia Parasitologica. – 1998. – V. 45. – P. 283–294.

29. Chen C.L. (Ed.) An illustrated guide to the fish diseases and causative pathogenic fauna and flora in the Hubei Province // Academia Sinica Press, Beijing. – 1973. – 456 p. [In Chinese]

УДК (628.394.17:546):597.556.35(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: gorbach@pinro.ru*

### **СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ЧЕРНОМ ПАЛТУСЕ (*REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES*) БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Содержание хлороорганических пестицидов и ПХБ в мышцах и печени черного палтуса Баренцева моря определяли методом хромато-масс-спектрометрии. Среднее содержание ГХБ в мышцах черного палтуса составляло 0,46 нг/г,  $\Sigma$ ГХЦГ – 2,18 нг/г,  $\Sigma$ ДДТ – 5,05 нг/г,  $\Sigma$ ПХБ – 7,35 нг/г сырой массы. В печени среднее содержание ГХБ,  $\Sigma$ ДДТ,  $\Sigma$ ПХБ было в 2,8–3,8 раза выше, чем в мышцах. По величине среднего содержания  $\Sigma$ ГХЦГ мышцы и печень черного палтуса почти не отличались. В  $\Sigma$ ГХЦГ в мышцах и печени черного палтуса доминировал  $\alpha$ -ГХЦГ, в  $\Sigma$ ДДТ – p,p'-ДДЕ. В  $\Sigma$ ПХБ преобладали высокохлорированные конгенеры – ПХБ-118, ПХБ-138 и ПХБ-153. Профиль конгенов ПХБ, идентифицированных в печени черного палтуса, отличался от такового в мышцах более высокой долей низкохлорированных соединений (ПХБ-28 и ПХБ-31) и низкой высокохлорированных ПХБ-156 и ПХБ-180. Накопление  $\Sigma$ ГХЦГ,  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ в мышцах и печени изученных рыб не превышало установленных предельно допустимых уровней.

**Ключевые слова:** промысловые рыбы, ДДТ, ГХЦГ, ГХБ, ПХБ, хлороорганические соединения, черный палтус.

**E.A. Gorbacheva, M.A. Novikov**

*Polar branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography  
(PINRO named after N.M. Knipovich),  
Murmansk, 183038  
e-mail: gorbach@pinro.ru*

### **CONTENT OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN GREENLAND HALIBUT (*REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES*) OF THE BARENTS SEA**

The content of organochlorine pesticides and PCBs in muscles and liver of Greenland halibut in the Barents Sea was determined by chromatography-mass spectrometry. The average content of HCB in muscles of Greenland halibut was 0.46 ng/g,  $\Sigma$ HCHs – 2.18 ng/g,  $\Sigma$ DDTs – 5.05 ng/g,  $\Sigma$ PCBs – 7.35 ng/g wet weight. In liver, the average content of HCB,  $\Sigma$ DDTs,  $\Sigma$ PCBs was 2.8–3.8 times higher than in muscles. The average content of  $\Sigma$ HCHs in muscles and liver of Greenland halibut were similar. In  $\Sigma$ HCHs,  $\alpha$ -HCH dominated in muscles and liver of Greenland halibut, in  $\Sigma$ DDTs – p,p'-DDE. In  $\Sigma$ PCBs were dominated by highly chlorinated congeners – PCB-118, PCB-138 and PCB-153. The profile of PCBs congeners identified in liver of Greenland halibut differed from that in muscles by a higher proportion of low-chlorinated compounds (PCB-28 and PCB-31) and low high-chlorinated PCB-156 and PCB-180. The accumulation of  $\Sigma$ HCHs,  $\Sigma$ DDTs and  $\Sigma$ PCBs in muscles and liver of the studied fish did not exceed the established maximum permissible levels.

**Key words:** commercial fishes, DDTs, HCHs, HCB, PCBs, organochlorine compounds, Greenland halibut.

Хлороорганические соединения (ХОС) относятся к стойким органическим загрязнителям. Они устойчивы к разложению и способны переноситься на большие расстояния от источников эмиссии. В настоящее время ХОС присутствуют повсеместно, в том числе в Арктике и Антарктике. Эти соединения характеризуются высокой липофильностью, способностью к биоаккумуляции и биомагнификации [1]. Определяющими показателями токсичности ХОС являются канцерогенность, мутагенность, а также воздействие на репродуктивную, эндокринную и нервную системы [2]. Из-за глобального распространения ХОС возникла необходимость постоянного

мониторинга загрязнения этими соединениями компонентов природных сред и выявления отдаленных эффектов их воздействия на живые организмы [3].

Черный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*) относится к основным объектам донного промысла в Баренцевом море. В 2019–2020 гг. российский вылов черного палтуса достигал 12,2 тыс. т [4]. Обитает палтус на разных глубинах. Вместе с тем наиболее высокую плотность скопления этого вида отмечают на диапазоне глубин 300–800 м и несколько меньшую на глубине 800–900 м и еще ниже (примерно в 8 раз) – в слое 900–1 000 м [5]. Палтус является хищной рыбой, в питании которой доминируют различные виды рыб, а также кальмары и креветки [5, 6].

*Цель наших исследований* – изучить накопление хлорорганических соединений в мышцах и печени черного палтуса Баренцева моря.

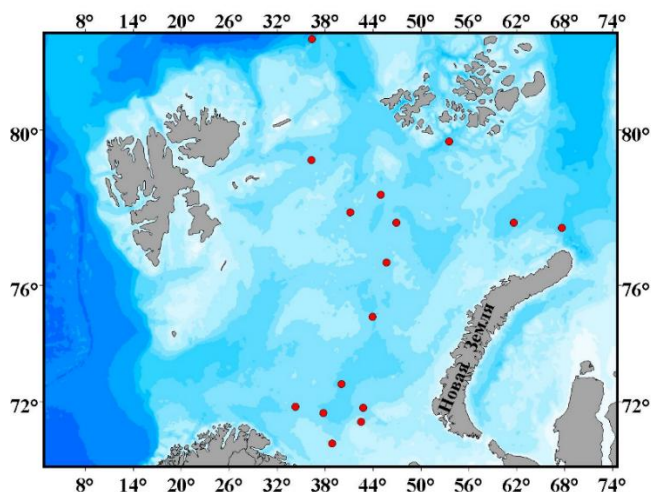


Рис. 1. Карта-схема расположения станций вылова черного палтуса в Баренцевом море

Кроме того, изучали содержание конгенов полихлорированных бифенилов (ПХБ) с номерами по номенклатуре IUPAC 28, 31, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180. При проведении химико-аналитических исследований руководствовались известными методическими указаниями и рекомендациями [7, 8]. Массовую долю жира в мышцах и печени рыб определяли экстракционным методом по ГОСТ 7636-85 [9]. Статистический анализ результатов исследований выполняли в среде Excel 10.

В ходе работы было изучено 16 экземпляров черного палтуса. Длина тела рыб ( $L$ ) изменялась от 39 до 77 см. Жирность мышц колебалась в диапазоне от 3 до 18% со средним значением 10%.

Из исследованных ХОС в мышцах черного палтуса в наименьшем количестве обнаружен ГХБ (рис. 2, а). Содержание этого пестицида в мышцах рыб варьировало в диапазоне от 0,10 до 1,21 нг/г (среднее значение – 0,46 нг/г) сырой массы. Наиболее загрязнены ГХБ оказались мышцы экземпляров черного палтуса, выловленных в районе желоба Франц-Виктория и Центральной впадины. Несмотря на то, что производство и применение ГХБ запрещено Стокгольмской конвенцией по стойким органическим загрязнителям (СОЗ) в 2001 г. [10], его содержание в некоторых районах Арктики увеличивается, так как продолжается поступление в окружающую среду зачастую в результате непреднамеренного образования и выброса [11]. Так, ГХБ образуется в качестве побочного продукта при производстве некоторых ХОС, сжигании отходов, присутствует в качестве примесей в смеси пестицидов [2, 11].

Суммарное содержание изомеров ГХЦГ ( $\Sigma$ ГХЦГ) в мышцах черного палтуса Баренцева моря достигало 1,37–2,7 нг/г (среднее – 2,18 нг/г) сырой массы (рис. 2, а). Среди изомеров в  $\Sigma$ ГХЦГ в мышцах палтуса преобладал  $\alpha$ -ГХЦГ, доля которого превышала 95%. Содержание каждого из  $\beta$ - и  $\gamma$ -изомеров ГХЦГ в мышцах палтуса составляло 0,05 нг/г сырой массы. Следует отметить, что в воде и донных отложениях Арктики присутствуют, как правило, все три изомера ГХЦГ, но именно  $\alpha$ -ГХЦГ доминирует [1, 11]. Например, в прибрежных районах на северо-востоке Гренландии концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в морской воде оказалась выше, чем других ХОП [12]. Производство и применение ГХЦГ запрещено Стокгольмской конвенцией по стойким

Материалом для исследований служили пробы мышц и печени палтуса, выловленного в рейсах № 115 и 116 НИС МК-0102 «Вильнюс» в 2020–2021 гг. в Баренцевом море в рамках выполнения государственного задания. Образцы тканей рыб замораживали и хранили при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Карта-схема расположения станций отбора проб в Баренцевом море представлена на рис. 1.

Содержание ХОС в тканях рыб определяли с использованием газового хромато-масс-спектрометра GCMS-QP2010 Plus фирмы («Shimadzu»). Исследовали накопление в тканях палтуса хлорорганических пестицидов (ХОП) –  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ), гексахлорбензола (ГХБ), дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов.

органическим загрязнителям с 2009 г. [13]. Результаты мониторинга показывают, что концентрации  $\alpha$ - и  $\gamma$ -ГХЦГ в атмосферном воздухе и биоте Арктики снижаются [11].

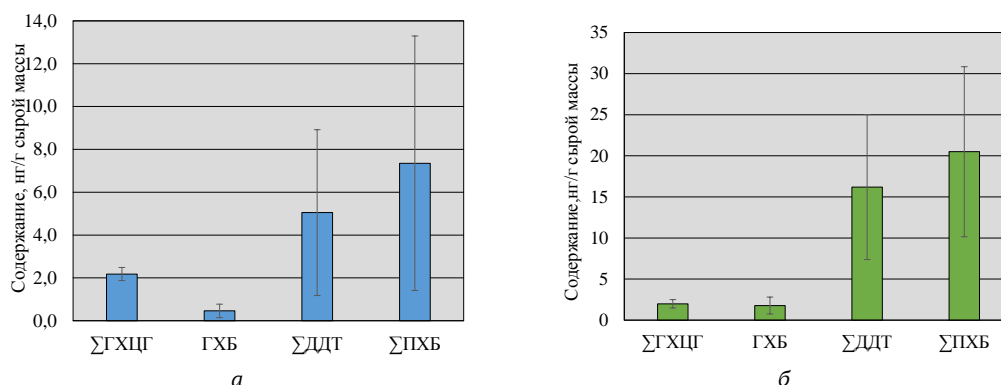


Рис. 2. Среднее содержание ХОС в мышцах (а) и печени (б) черного палтуса Баренцева моря, нг/г сырой массы (планки погрешностей – величина стандартного отклонения)

В мышцах черного палтуса идентифицированы ДДТ, а также его метаболиты дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЕ) и дихлордифенилдихлорэтан (ДДД). Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов ( $\Sigma$ ДДТ) в мышцах черного палтуса Баренцева моря изменялось от 2,8 до 18,7 нг/г (среднее – 5,05 нг/г) сырой массы (см. рис. 2, а). В мышцах рыб в  $\Sigma$ ДДТ доминировал ДДЕ (рис. 3, а). Причем доля изомера  $p,p'$ -ДДЕ в  $\Sigma$ ДДТ достигала 46%,  $o,p'$ -ДДЕ – 7%. В окружающей среде  $p,p'$ -ДДЕ является основным метаболитом ДДТ и образуется при трансформации исходного соединения в аэробных условиях путем окислительного дегидрохлорирования [3, 11]. В рыбах ДДТ метаболизируется до ДДЕ и ДДД [3]. Содержание  $p,p'$ -ДДЕ в мышцах черного палтуса Баренцева моря значительно превышало содержание  $p,p'$ -ДДТ, что указывало на давнее поступление пестицида в окружающую среду [11]. На национальном уровне использование ДДТ в Европе и США было ограничено в 1970-е гг. В 2001 г. производство и применение этого пестицида ограничено Стокгольмской конвенцией по СОЗ [10]. По данным мониторинга [11], наиболее значительное снижение содержания ДДТ в экосистемах Арктики наблюдалось до 2000 г., а после 2000 г. эти изменения стали менее заметны. В некоторых районах отмечают поступление пестицида в атмосферу в результате дальнего переноса и с поверхности воды Северного Ледовитого океана при освобождении его от льда (вторичная эмиссия).

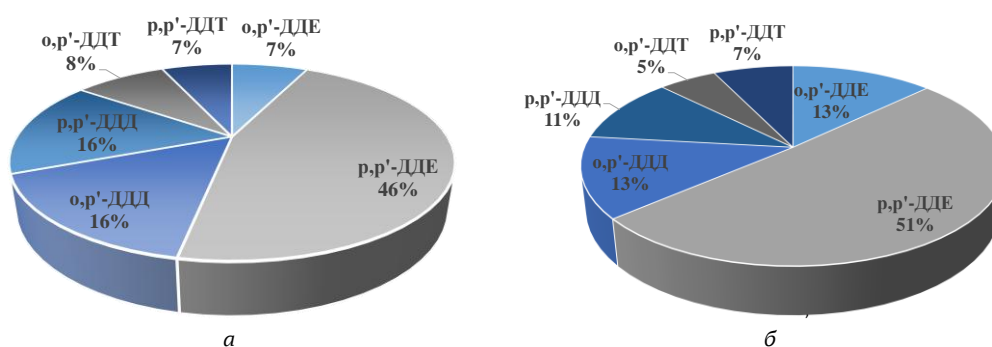


Рис. 3. Соотношение ДДТ и его метаболитов в мышцах (а) и печени (б) черного палтуса Баренцева моря, %

Суммарное содержание ПХБ ( $\Sigma$ ПХБ) в мышцах черного палтуса Баренцева моря варьировало в широком диапазоне от 2,24 до 21,9 нг/г (среднее – 7,35 нг/г) сырой массы (см. рис. 2, а). Наиболее загрязнены ПХБ мышцы экземпляров палтуса, выловленных на склонах Центральной впадины и на северной окраине Баренцевоморского шельфа. В мышцах палтуса в  $\Sigma$ ПХБ доминировали высокохлорированные конгенеры – ПХБ-118, ПХБ-138 и ПХБ-153 (рис. 4, а). Содержание трихлорбифенилов (ПХБ-28 и ПХБ-31) оказалось ниже предела обнаружения применяемого метода анализа ( $< 0,05$  нг/г сырой массы). Профиль конгенов ПХБ, экстрагированных из мышц



черного палтуса, сходен с таковым из мышц камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides limandoides* Bloch), выловленной в северо-восточных и восточных районах Баренцева моря [14]. Из идентифицированных в мышцах палтуса конгенов диоксиноподобными являются ПХБ-105, ПХБ-118 и ПХБ-156. Диоксиноподобные ПХБ особенно опасны для живых организмов, и по классификации Международного агентства по исследованию рака (МАИР) эти соединения относятся к группе 2А (весьма вероятные канцерогены) [2]. Из-за высокой токсичности производство ПХБ было прекращено в 70-х гг. прошлого столетия [1]. Всего в мире было произведено 1,5 млн т ПХБ [2]. Согласно Стокгольмской конвенции по СОЗ (2001 г.) производство ПХБ запрещено, а использование в оборудовании должно быть прекращено к 2025 г. [10]. Анализ данных мониторинга показывает, что содержание ПХБ в атмосфере и биоте Арктики снижается, но в последние годы более медленно [11].

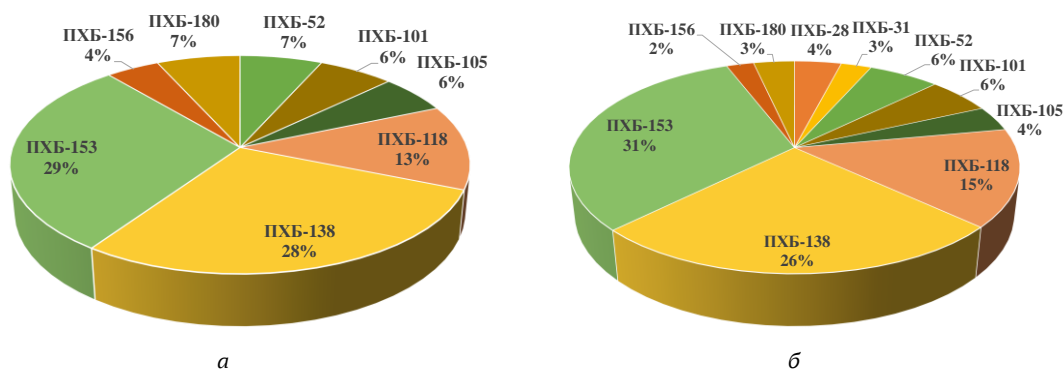


Рис. 4. Соотношение конгенов ПХБ в мышцах (а) и печени (б) черного палтуса Баренцева моря, %. Показаны конгенеры, содержание которых в тканях  $\geq 0,05$  нг/г сырой массы

В организме животных метаболизм ксенобиотиков происходит, главным образом, в печени и катализируется монооксигеназами, содержащими цитохром Р450 [1, 3]. Хлорорганические соединения жирорастворимы, и высокое содержание жира в печени палтуса также способствует накоплению в ней этих соединений. Содержание жира в печени изученных экземпляров черного палтуса было в два раза выше, чем в мышцах, составляя в среднем 24,3%. По данным исследований, содержание ГХБ в печени черного палтуса Баренцева моря составляло 1,02–4,14 нг/г (среднее – 1,78 нг/г),  $\Sigma$ ГХЦГ – 1,13–2,97 нг/г (среднее – 1,99 нг/г),  $\Sigma$ ДДТ – 8,0–37,9 нг/г (среднее – 16,2 нг/г), ПХБ – 8,9–41,4 нг/г (среднее – 20,5 нг/г) сырой массы. Среднее содержание ХОС в печени палтуса уменьшалось в том же порядке, что и в мышцах:  $\Sigma$ ПХБ >  $\Sigma$ ДДТ >  $\Sigma$ ГХЦГ > ГХБ (рис. 2, б). Среднее накопление ГХБ,  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ в печени черного палтуса превышало таковое в мышцах в 2,8–3,8 раза. По среднему уровню содержания  $\Sigma$ ГХЦГ печень и мышцы палтуса почти не отличались.

Соотношение ДДТ и его метаболитов в печени и мышцах черного палтуса оказалось сходно (рис. 3, б): и в мышцах, и в печени в  $\Sigma$ ДДТ доминировал метаболит ДДЕ. Вместе с тем его доля в  $\Sigma$ ДДТ в печени, по сравнению с мышцами, оказалась немного выше, а доля ДДД и ДДТ ниже. По опубликованным данным [1] ДДЕ токсичен и накапливается в биоте.

В составе ПХБ как в печени палтуса, так и в мышцах, преобладали ПХБ-118, ПХБ-138 и ПХБ-153 (рис. 4, б). Профиль конгенов ПХБ, идентифицированных в печени черного палтуса, отличался от такового в мышцах более высокой долей низкохлорированных соединений (ПХБ-28 и ПХБ-31) и низкой – высокохлорированных ПХБ-156 и ПХБ-180. По данным исследований [1], образующиеся в организме животных гидроксированные метаболиты ПХБ связываются с белком транстиретином (основным транспортным белком щитовидной железы), что приводит к нарушению баланса гормонов щитовидной железы и ретинола (витамина А).

В РФ установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) накопления в мышцах и печени промысловых рыб ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Согласно нормативным документам [15] в мышцах морских промысловых рыб ПДУ содержания  $\Sigma$ ГХЦГ составляет 200 нг/г,  $\Sigma$ ДДТ – 200 нг/г,  $\Sigma$ ПХБ – 2 000 нг/г сырой массы, а в печени – 1 000, 3 000 и 5 000 нг/г сырой массы соответственно. Проведенные исследования показали, что содержание  $\Sigma$ ГХЦГ,  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ в мышцах и печени черного палтуса Баренцева моря значительно ниже ПДУ.

Таким образом, в мышцах и печени черного палтуса Баренцева моря идентифицирован широкий спектр хлорорганических соединений. Среднее содержание ГХБ,  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ в печени палтуса оказалось в 2,8–3,8 раза выше, чем в мышцах. Величины среднего содержания  $\Sigma$ ГХЦГ в мышцах и печени палтуса не отличались. Накопление  $\Sigma$ ГХЦГ,  $\Sigma$ ДДТ и  $\Sigma$ ПХБ в мышцах и печени изученных рыб не превышало установленные ПДУ.

### Литература

1. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Oslo, Norway, 2004. – 309 p.
2. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. – 323 с.
3. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями / Ф.Я. Ровинский, Л.Д. Воронова, М.И. Афанасьев, А.В. Денисова, А.Г. Пушкарь. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 270 с.
4. Греков А.А. Современное состояние запасов рыб донных видов и их отечественного промысла в Баренцевом море и сопредельных водах // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (28–29 апреля 2021 г.). Ч. I. – Петропавловск-Камчатский, 2021 – С. 27–31.
5. Ихтиофауна и условия ее существования в Баренцевом море. – Апатиты: Кольский филиал АН ССР, 1986. – 212 с.
6. Смирнов О.В. Черный палтус норвежско-баренцевоморской популяции. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. – 113 с.
7. МУ 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.
8. МУК 4.1.1023-01. Изомерспецифическое определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пищевых продуктах. – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.
9. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2010. – 123 с.
10. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Опубликовано временным секретариатом Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. – UNEP, 2001. – 44 с.
11. AMAP Assessment 2015: Temporal Trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Oslo, Norway, 2016. – 71 p.
12. Spring melt and the redistribution of organochlorine pesticides in the sea-ice environment: a comparative study between Arctic and Antarctic regions / M. Bigot, D.W Hawker, R. Cropp, D.C.G. Muir, B. Jensen, R. Bossi et al. // Environ. Sci. Technol. – 2017. – V. 51. – P. 8944–8952.
13. Заневалов М.А. Мониторинг стойких органических загрязнителей – объективный и независимый инструмент оценки эффективности Стокгольмской конвенции о СОЗ (2001) // Химическая безопасность. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 295–307.
14. Горбачева Е.А. Содержание хлорорганических соединений в камбале-ерше (*Hippoglossoides platessoides limandoides* Bloch) Баренцева моря // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: Материалы Нац. науч.-техн. конф. (27–28 октября 2022 г.) – Владивосток, 2022. – С. 67–71.
15. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. «О безопасности пищевой продукции». Утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 // Официальный сайт Комиссии Таможенного союза. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 30.01.2023).

УДК 594.11:577.118(265.54)

**Е.А. Жадько<sup>1</sup>, С.В. Чусовитина<sup>1</sup>, Н.И. Стеблевская<sup>1,2</sup>, Н.В. Полякова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, 690950;*

<sup>2</sup> *Институт химии ДВО РАН,  
Владивосток, 690022  
e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru*

**СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТКАНЯХ ПУРПУРНОЙ АСЦИДИИ  
*HALOCYNTIA AURANTIUM PALLAS, 1787 (ASCIDIACEA: STOLIDOBRANCHIA)*  
АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Изучено содержание и распределение некоторых микроэлементов в тканях туники, пищеварительной железы, гонады, жаберного мешка и кожно-мышечного мешка пурпурной асцидии Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря). Группу преобладающих микроэлементов составили бром, цинк и железо. Наиболее высокие концентрации эссенциальных микроэлементов отмечены в пищеварительной железе и тунике асцидии. Обнаружены токсичные тяжелые металлы: мышьяк, свинец, кадмий и ртуть в концентрациях ниже ПДК для тканей промысловых гидробионтов.

**Ключевые слова:** пурпурная асцидия, микроэлементы, пищеварительная железа, гонада, жаберный мешок, кожно-мышечный мешок, туника.

**E.A. Zhadko<sup>1</sup>, S.V. Chusovitina<sup>1</sup>, N.I. Steblevskaya<sup>1,2</sup>, N.V. Polyakova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok, 690950;*

<sup>2</sup> *Institute of Chemistry FEB RAS,  
Vladivostok, 690022  
e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru*

**MICROELEMENTS CONTENT IN TISSUES OF ASCIDIAN PURPLE  
*HALOCYNTIA AURANTIUM PALLAS, 1787 (ASCIDIACEA: STOLIDOBRANCHIA)*  
OF AMUR BAY (PETER THE GREAT GULF, SEA OF JAPAN)**

The content and distribution of microelements in the tissues of the tunic, digestive gland, gonad, gill and skin-muscular sac of the ascidia purple of Amur Bay (Peter the Great Gulf, Sea of Japan) were studied. The group of predominant microelements was bromine, zinc and iron. The highest concentrations of essential microelements were noted in the digestive gland and the tunic of ascidia. Toxic heavy metals such as arsenic, lead, cadmium and mercury in concentrations are found below the remote control for the tissues of commercial hydrobionts.

**Key words:** ascidia purple, microelements, digestive gland, gonad, gill sack, skin-muscular bag, tunic.

Основной причиной значительного превышения естественных фоновых концентраций металлов прибрежных морских акваторий является антропогенная деятельность. Тяжелые металлы (ТМ), поступающие в морскую среду главным образом с речным стоком, атмосферным переносом и просачиванием подземных вод, представляют серьезную угрозу для гидробионтов и естественной среды их обитания. Токсичные и устойчивые соединения ТМ, накапливаясь в тканях гидробионтов, попадают в пищевые цепи, что приводит к сокращению видового разнообразия и численности морских организмов.

Эссенциальные микроэлементы, такие как железо, марганец, медь и цинк, входят в состав целого ряда ферментов и играют важную роль в процессах клеточного метаболизма, в то время как алюминий, никель, кадмий, свинец, ртуть и мышьяк при накоплении проявляют высокую токсичность, резко снижая функциональную активность органов и тканей. Содержание микроэлементов в тканях некоторых гидробионтов (двустворчатых моллюсков, иглокожих, асцидий,

макроводорослей и морских трав) может в определенной степени отражать распределение этих элементов в морской среде. При этом различные виды гидробионтов из одного биотопа даже в пределах близкородственных таксонов демонстрируют концентрации металлов, отличающиеся на несколько порядков [1]. Показано, что некоторые виды асцидий способны накапливать и концентрировать ТМ даже в низких концентрациях в окружающей среде [2]. Результаты исследований кумулятивных свойств некоторых тропических и средиземноморских видов асцидий свидетельствуют о значительном потенциале этой группы гидробионтов в качестве тест-объектов загрязнения морской среды [3–6].

В заливе Петра Великого Японского моря обитает более 35 видов одиночных и колониальных асцидий, биоиндикаторные возможности которых еще не получили объективной оценки и представляют значительный интерес. Следует отметить, что пурпурная асцидия *Halocynthia aurantium* Pallas, 1787 (Ascidiacea: Stolidobranchia), которую в странах Юго-Восточной Азии из-за окраски называют морским персиком, так же как и близкородственный вид, асцидия бугорчатая *H. roretzi* (морской ананас), является деликатесным морепродуктом и широко культивируется в Японии и Корее. В дальневосточном регионе пурпурная асцидия служит ценным сырьем для получения лекарственных препаратов, рассматривается как перспективный объект промысла и марикультуры в прибрежных акваториях залива Петра Великого Японского моря. Знание микроэлементного состава органов и тканей морских промысловых гидробионтов позволяет объективно оценить их качество, пищевую ценность и продовольственную безопасность.

Полученная нами информация о содержании микроэлементов, в том числе токсичных, в тканях асцидии *H. aurantium* дополняет сведения о биотехнологическом и биоиндикаторном потенциале этого вида, а также об экологической ситуации в зал. Петра Великого в настоящее время. Данное исследование является частью комплексной программы по изучению морской биоты рыбохозяйственных акваторий залива Петра Великого Японского моря. Цель работы – изучение содержания и распределения некоторых микроэлементов в тканях асцидии *Halocynthia aurantium* Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря).

Сбор образцов производили водолазным способом в районе о. Карамзина Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) на глубине 10–15 м летом 2021 г. Для исследования использовали животных размером 13–20 см и диаметром 8–12 см в возрасте трех-четырёх лет.

Элементный состав органов и тканей пурпурной асцидии *H. aurantium* изучали в лаборатории Института химии ДВО РАН. Для исследования использовали ткани туники, пищеварительной железы, гонады, жаберного мешка и кожно-мышечного мешка. Всего анализу подвергнуто 105 проб тканей асцидий. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями [7]: образцы помещали в тefлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислоты (1 : 2) и разлагали в микроволновом реакторе UltraClave (Milestone, Italy) 60 мин при 200°C и давлении 60 атм. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением (TXRF) на приборе TXRF 8030 C (FEI Company, Germany). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения – 500 с, источники возбуждения – MoK $\alpha$  и WBr $_{35}$ . Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 50 мкг/мл. Предел обнаружения варьирует для различных элементов в пробах от 10 $^{-7}$  до 10 $^{-10}$ %. Концентрации микроэлементов рассчитывали в мкг/г сырой массы ткани.

Изучено содержание и распределение некоторых микроэлементов в тканях асцидии *H. aurantium*. По уровню концентрации эссенциальных микроэлементов изученные органы асцидии пурпурной можно расположить следующим образом:

Fe: туника > пищеварительная железа > кожно-мышечный мешок > гонада > жаберный мешок  
 Zn: пищеварительная железа > кожно-мышечный мешок > гонада > жаберный мешок > туника  
 Br: туника > пищеварительная железа > гонада > кожно-мышечный мешок > жаберный мешок  
 Mn: туника > пищеварительная железа > жаберный мешок > гонада > кожно-мышечный мешок  
 Cu: пищеварительная железа > туника > гонада > кожно-мышечный мешок > жаберный мешок  
 I: туника > гонада

Порядок убывания концентраций микроэлементов в исследованных органах и тканях асцидии имеет следующий вид:

Пищеварительная железа: Br > Zn > Fe > Cu > Mn > As > Pb > Cd  
 Жаберный мешок: Zn > Br > Fe > Cu > Mn > Pb > As  
 Гонада: Br > Zn > Fe > Cu > I > Mn > Pb > As > Hg

Кожно-мускульный мешок: Br > Zn > Fe > Cu > Mn > Pb > As

Туника: Br > Fe > Zn > I > Mn > Cu

Количество и распределение микроэлементов в тканях асцидии характеризуется значительной вариабельностью (таблица). Группу преобладающих эссенциальных микроэлементов в тканях асцидии составили Br, Zn и Fe.

У всех исследованных особей максимально высокие концентрации Br и Fe обнаружены в тунике, а Zn – в пищеварительной железе. Так, концентрация Br в тканях туники варьирует от 403 до 4 815 мкг/г при среднем значении ( $1\,810,14 \pm 1\,432,31$ ) мкг/г (здесь и далее  $\pm$  стандартная ошибка среднего значения). Количественные показатели Fe на порядки ниже и изменяются в пределах от 20 до 80 мкг/г, составив в среднем ( $54,03 \pm 22,02$ ) мкг/г. В близких пределах находится содержание Zn в пищеварительной железе – от 16 до 192 мкг/г при среднем значении ( $66,14 \pm 66,44$ ) мкг/г.

#### Концентрация микроэлементов в тканях асцидии *Halocynthia aurantium*

ТМ	ПДК мкг/г сырой массы [8]	Средние и предельные значения микроэлементов, мкг/г сырой массы				
		Пищеварительная железа	Жаберный мешок	Кожно-мускульный мешок	Гонада	Туника
Fe	30	$42,57 \pm 32,61$ 16–113	$12,01 \pm 5,29$ 6–22	$15,85 \pm 13,10$ 6–41	$15,44 \pm 5,59$ 8–22	$54,03 \pm 22,02$ 20–80
Zn	40	$66,14 \pm 66,44$ 16–192	$50,12 \pm 28,02$ 23–108	$60,57 \pm 29,51$ 20–112	$52,57 \pm 21,02$ 19–79	$16,57 \pm 6,31$ 7–23
Br	-	$155,10 \pm 113,12$ 47–357	$44,01 \pm 12,70$ 23–67	$72,85 \pm 28,91$ 39–123	$113,57 \pm 61,60$ 77–248	$1810,14 \pm 1432,31$ 403–4815
I	-	-	-	-	$14,42 \pm 16,42$ 18–45	$138,12 \pm 97,51$ 71–344
Cu	10	$18,57 \pm 11,90$ 3–38	$5,11 \pm 1,70$ 3–7	$11,28 \pm 5,0$ 6–20	$15,4 \pm 6,01$ 6–22	$15,71 \pm 8,20$ 0–23
Mn	10	$11,71 \pm 6,91$ 5–22	$2,44 \pm 2,31$ 2–7	$0,57 \pm 1,50$ 0–4	$1,42 \pm 2,51$ 4–6	$95,28 \pm 43,42$ 36–163
Pb	10	$0,67 \pm 1,35$ 1,13–3,59	$0,54 \pm 0,93$ 1,65–2,13	$0,06 \pm 0,13$ 0,09–0,35	$0,15 \pm 0,28$ 0,346–0,73	$0,18 \pm 0,44$ 0–1,17
As	5	$4,63 \pm 3,16$ 1,82–11,42	$0,11 \pm 0,28$ 0,11–0,76	$0,01 \pm 0,03$ 0–0,09	$0,066 \pm 0,176$ 0–0,45	$0,05 \pm 0,12$ 0–0,33
Cd	2	$0,19 \pm 0,16$ 0,15–0,44	-	-	-	-
Hg	0,2	-	-	-	$0,05 \pm 0,14$ 0–0,37	-

Сравнивая средние концентрации эссенциальных микроэлементов в тканях асцидии, следует отметить, что по содержанию Br в тунике на порядок уступает пищеварительная железа ( $155,10 \pm 113,12$  мкг/г) и гонада ( $113,57 \pm 61,60$  мкг/г) и на два порядка жаберный и кожно-мускульный мешки ( $44 \pm 12,70$ ) и ( $72,85 \pm 28,91$ ) мкг/г соответственно) (таблица, рис. 1). Количественные показатели Fe в пищеварительной железе незначительно ниже, чем в тунике ( $42,57 \pm 32,61$  мкг/г), тогда как в остальных тканях Fe в несколько раз меньше ( $12,01 \pm 5,29$ )–( $15,85 \pm 13,10$ ) мкг/г). Средние концентрации Zn в кожно-мускульном мешке, гонаде и жаберном мешке имеют достаточно близкие значения ( $60,57 \pm 29,51$ ), ( $52,57 \pm 21,02$ ) и ( $50,12 \pm 28,02$ ) мкг/г соответственно) и только в тунике количество Zn составляет всего ( $16,57 \pm 6,31$ ) мкг/г. Содержание Cu в исследованных тканях варьирует от ( $5,11 \pm 1,70$ ) мкг/г в жаберном мешке до ( $18,57 \pm 11,90$ ) мкг/г в пищеварительной железе.

Туника значительно превосходит остальные ткани по содержанию Mn ( $95,28 \pm 43,42$  мкг/г), в пищеварительной железе его количество составляет ( $11,71 \pm 6,91$ ) мкг/г, а в остальных тканях концентрация этого микроэлемента находится в пределах ( $0,57 \pm 1,50$ )–( $2,44 \pm 2,31$ ) мкг/г. Только в тунике и гонаде асцидии обнаружен I в количестве ( $138,12 \pm 97,51$ ) и ( $14,42 \pm 16,42$ ) мкг/г соответственно.

Максимальные значения содержания таких ТМ, как As и Pb, выявлены в печени (рис. 2). Только в этом органе в незначительных количествах обнаружен Cd.

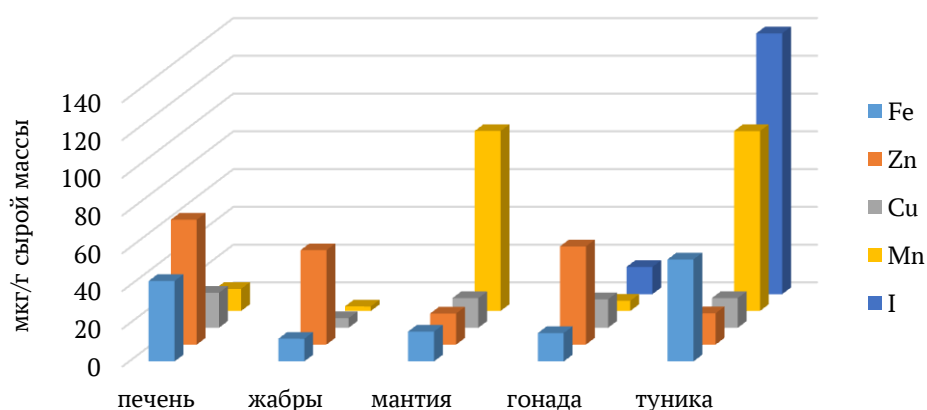


Рис. 1. Концентрация микроэлементов в тканях асцидии *Halosynthia aurantium*

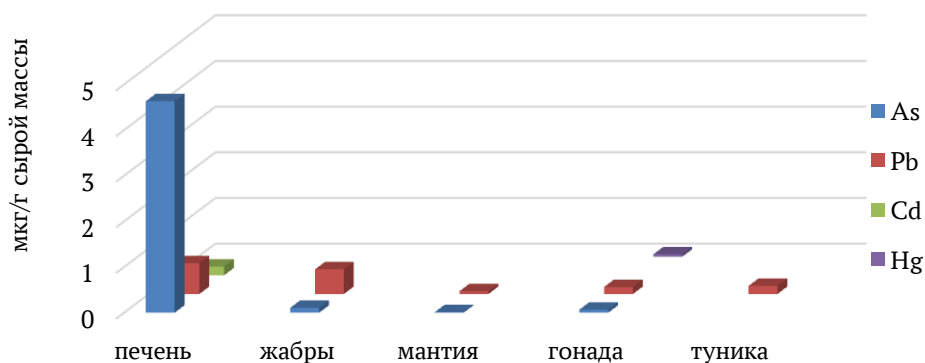


Рис. 2. Концентрация токсических металлов в тканях асцидии *Halosynthia aurantium*

В исследованных тканях пурпурной асцидии средние концентрации токсичных ТМ As ( $0,01 \pm 0,03$ )–( $4,63 \pm 3,16$ ) мкг/г), Pb ( $(0,06 \pm 0,13)$ –( $0,67 \pm 1,35$ ) мкг/г), Cd ( $0,19 \pm 0,16$  мкг/г) и Hg ( $0,05 \pm 0,14$  мкг/г) не превышали ПДК для тканей промысловых гидробионтов [8].

### Литература

1. Rainbow P.S. Biomonitoring of trace metals in estuarine and marine environments // Australas J. Ecotoxicol. – 2006. – Vol. 12. – P. 107–122.
2. The Potential Use of Invasive Ascidiaceans for Biomonitoring Heavy Metal Pollution / R. Tzafiriri-Milo, T. Benaltabet, A. Torfstein, N. Shenkar // Front. Mar. Sci. – 2019. – Vol.11. – P. 1–16.
3. Bellas J., Beiras R., Vázquez E. Sublethal effects of trace metals (Cd, Cr, Cu, Hg) on embryogenesis and larval settlement of the ascidian *Ciona intestinalis* // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2004. – Vol. 46. – P. 61–66.
4. Radhalakshmi R., Sivakumar V., Ali H.A.J. Analysis of selected species of ascidians as bioindicators of metals in marine ecosystem // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2014. – Vol. 3. – P. 755–764.
5. Aydın-Önen S. *Styela plicata*: a new promising bioindicator of heavy metal pollution for eastern Aegean Sea coastal waters // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2016. – Vol. 23. – P. 21536–21553.
6. Evaluation and comparison of trace metal accumulation in different tissues of potential bioindicator organisms: macrobenthic filter feeders *Styela plicata*, *Sabella spallanzanii* and *Mytilus galloprovincialis* / A. Bellante, D. Piazzese, S. Cataldo, M.G. Parisi, M. Cammarata // Environ. Toxicol. Chem. – 2016. – Vol. 35. – P. 3062–3070.
7. Бок П. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 432 с.
8. СанПиН 2.3.2.10–78.01 «Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов». – М.: Госкомэпиднадзор России, 2002. – 156 с.

УДК 574.24:594.121(265.54)

**М.В. Калинина**

*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),  
Владивосток, 690091  
e-mail: marianna.kalinina@tinro-center.ru*

**РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СРОКИ РАЗМНОЖЕНИЯ  
ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS*  
В РАЗНЫХ ПОСЕЛЕНИЯХ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

В статье приводятся данные о размере половой зрелости, половом составе, размерно-половой структуре и сроках нереста тихоокеанской устрицы в двух скоплениях Амурского залива. Среди половозрелых особей выделяются репродуктивные группы по степени их вклада в воспроизводство. Обсуждается влияние локальных условий обитания (температура, гидродинамика) на репродуктивные показатели и сроки нереста.

**Ключевые слова:** тихоокеанская устрица, условия обитания, соотношение полов, репродуктивные группы, сроки нереста, Амурский залив, Японское море.

**M.V. Kalinina**

*Pacific branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO),  
Vladivostok, 690091  
e-mail: marianna.kalinina@tinro-center.ru*

**REPRODUCTIVE INDICATORS AND SPAWNING SEASON  
OF THE PACIFIC OYSTER *CRASSOSTREA GIGAS* DIFFERENT SETTLEMENTS  
IN AMUR BAY (SEA OF JAPAN)**

The article presents data on the size of sexual maturity, sexual composition, size-sex structure and timing of spawning of the Pacific oyster in two aggregations of Amur Bay. Among mature individuals, reproductive groups are distinguished according to the degree of their contribution to reproduction. The influence of local living conditions (temperature, hydrodynamics) on reproductive indicators and terms of spawning is discussed.

**Key words:** Pacific oyster, habitat conditions, sex ratio, reproductive groups, terms of spawning, Amur Bay, Sea of Japan.

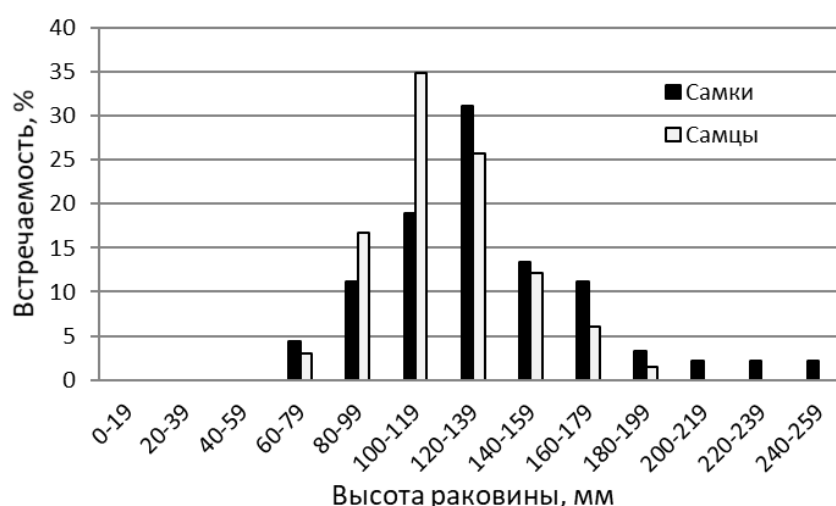
Южное Приморье является местом естественного обитания тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* – субтропическо-низкобореального вида, где она встречается в хорошо прогреваемых мелководных районах. В прибрежье Амурского залива локализованы как крупные, так и небольшие скопления устрицы, степень вклада в воспроизводство которых различна. В северной (кутовой) части залива сосредоточены наиболее значительные по величине скопления, находящиеся в стабильном состоянии и формирующие наиболее мощный личиночный пул [1–3]. Воспроизводительный потенциал небольших поселений, расположенных в более мелких заливах и бухтах, значительно ниже. Локальные условия обитания оказывают существенное влияние на репродуктивные показатели и сроки размножения морских беспозвоночных [4, 5]. В последние годы в Приморье возник интерес к заводскому культивированию молоди тихоокеанской устрицы с использованием местных природных производителей [6]. Для планирования искусственного нереста и получения жизнестойкой молоди необходимо знать сроки нереста устриц в естественных поселениях, а также выявить поселения с наилучшими репродуктивными показателями производителей. *Целью настоящего исследования* является сравнительная оценка репродуктивных показателей и сроков нереста тихоокеанской устрицы из двух поселений Амурского залива, локализованных в районах с разной гидродинамической активностью и температурными условиями.

Материалом для исследования послужили разноразмерные моллюски, собранные водолазным способом в июне – августе 2015–2017 гг. у о. Скребцова (северная часть Амурского залива) на глубине 3–4 м и в вершинной части бух. Воевода (западное побережье о. Русского) на глубине 1,5–2,5 м. У особей измеряли размерно-массовые показатели: высоту раковины (Н), общую массу моллюска, массу мягких тканей, гонады. Индекс мягких тканей (ИМТ) вычисляли как отношение массы мягких тканей к общей массе моллюска, выраженное в процентах. Пол и стадию зрелости гонады определяли на прижизненных мазках под микроскопом [7, 8]. Отдельно отмечали моллюсков, находящихся в состоянии нереста (с гонадами разной степени опустошения). Всего исследовано 557 экз. Статистическую обработку данных проводили с помощью программ MS Excel и Statistica 8.0. Средние значения показателей сравнивались между собой для определения достоверности различий (или ее отсутствия) по критерию Стьюдента (уровень значимости 0,95).

Экологические формы и репродуктивное состояние поселений, а также размеры половой зрелости устрицы в значительной степени зависят от условий среды обитания [2, 9]. В хорошо прогреваемой со слабой гидродинамикой бух. Воевода на илисто-песчаном мелководье моллюски формируют небольшие друзы, у о. Скребцова на больших глубинах с более активной гидродинамикой они агрегированы в устричные рифы и банки.

Морские беспозвоночные становятся окончательно половозрелыми, когда достигают определенных размеров, при которых их плодовитость становится сопоставима с плодовитостью более взрослых особей [5, 10]. Наши предыдущие исследования показали, что в прибрежье о. Скребцова окончательно половозрелой устрица становится при достижении размеров 50 мм (размеры половозрелых особей варьируют от 35 до 230 мм), размеры взрослых особей, относящихся к основной репродуктивной группе (с высоким вкладом в воспроизводство) составляют 70–130 мм, соотношение самцы : самки – 1 : 1,5 [2]. Средние значения этого показателя у самцов и самок достоверно не различаются (соответственно  $100,7 \pm 3,5$ ) и  $(108,7 \pm 2,8)$  мм).

В бух. Воевода размеры половозрелых особей варьировали от 50 до 250 мм, минимальные размеры у половозрелых особей составили 57 и 50 мм у самок и самцов соответственно. По нашим данным, окончательно половозрелой в этом местообитании устрица становится при достижении размеров 60 мм. Анализ размерной структуры самцов и самок показал, что среди мелко-размерных особей преобладали самцы, а среди крупноразмерных – самки (рисунок). За весь период исследования средняя высота раковины самок была достоверно выше, чем у самцов –  $(133 \pm 3,9)$  и  $(118 \pm 3,1)$  мм соответственно, при этом соотношение самцы : самки составило 1 : 1,36.



Размерно-половая структура устрицы, обитающей в бух. Воевода

По совокупности показателей (размер моллюсков, масса и индекс мягких тканей в преднерестовый период, примерно равное соотношение полов) к основной репродуктивной группе были отнесены особи размерами 80–150 мм, которые характеризовались наибольшими средними значениями массы и индекса мягких тканей в преднерестовый период ( $88,2 \pm 9,0$ ) г и  $(15,2 \pm 3,2)\%$  и примерно равным соотношением полов. У особей с размерами более 150 мм, несмотря на более высокие средние показатели массы мягких тканей, значения этого показателя были досто-



верно ниже ( $10,3 \pm 0,88\%$ ) при соотношении самцы : самки – 1 : 2. Особи менее 80 мм не были отнесены к основной репродуктивной группе из-за низкого вклада в воспроизводство (низкой плодовитости).

Из представленных данных видно, что в более мелководной и хорошо прогреваемой бух. Воевода со слабой гидродинамикой и диффузным распределением моллюсков размеры наступления половозрелости и средние размеры взрослых особей были достоверно выше, чем в прибрежье о. Скребцова, где устрицы обитали в условиях активного волнового воздействия в более плотных агрегациях. При этом моллюски из бух. Воевода, отнесенные к основной репродуктивной группе, также характеризовались большими размерами, что можно объяснить влиянием локальных условий на их рост и репродукцию. Другие исследователи тоже отмечали отрицательное влияние гидродинамики на рост устрицы [11]. Превалирование самок среди взрослых особей косвенным образом указывает на благоприятные условия обитания в обоих поселениях [12].

В течение исследуемого периода времени начало нереста у моллюсков, обитающих в бух. Воевода, наблюдалось примерно на 7–10 дней раньше, чем у о. Скребцова. В 2015 г. начало нерестовых событий было отмечено, соответственно, в начале и в конце первой декады июля, а в 2016–2017 г. – в третьей декаде июня и в первой декаде июля. Температура начала нереста в местах обитания моллюсков в разные годы варьировала от 16 до 18°C в бух. Воевода и от 17 до 19°C в прибрежье о. Скребцова. В обоих местообитаниях период размножения наблюдался до второй декады августа включительно. В мелководных участках со слабой гидродинамикой (бух. Воевода) сумма эффективных температур, необходимых для развития половых клеток и осуществления нереста, реализуется быстрее, чем в приглубых районах с более активной гидродинамикой (район о. Скребцова). Продолжительность нереста в разные годы, в первую очередь, зависит от температурных условий.

## Литература

1. Раков В.А. Распространение и экология устричных рифов северной части Амурского залива // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / Отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 278–291.
2. Соколенко Д.А., Калинина М.В. Современное состояние и структура естественных поселений тихоокеанской устрицы в северной части Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 195. – С. 48–60.
3. Ляшенко С.А., Шербакова Н.В., Гостюхина О.Б. Оценка природного потенциала районов залива Петра Великого (Японское море) для сбора спата тихоокеанской устрицы // Известия ТИНРО. – 2019. – Т. 199. – С. 231–240.
4. Милейковский С.А. Экология размножения морского бентоса. – М.: Наука, 1981. – 93 с.
5. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих: Моногр. – Л.: Наука, 1989. – 179 с.
6. Калинина М.В., Табельская А.С. Получение личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* заводским способом в южном Приморье // Всерос. конф. ученых и специалистов, посвящ. 160-летию Н.М. Книповича «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Российской Арктики» (Мурманск, 27–28 октября 2022 г.). – Мурманск, 2022.
7. Яковлев С.Н. Репродуктивный цикл гигантской устрицы в Японском море // Биология моря. – 1978. – № 3. – С. 85–87.
8. Steele, S., Mulcahy, M.F. Gametogenesis of the oyster *Crassostrea gigas* in southern Ireland // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. – 1999. – Vol. 70. – P. 673–686.
9. Bayne B.L. Biology of Oysters. – San Diego, USA. 2017. – 860 p.
10. Thompson R.J. Fecundity and reproduction effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland // J. Fish. Res. Board Canada. – 1979. – Vol. 36. – P. 955–964.
11. Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) growth modelling and indicators for offshore aquaculture in Europe under climate change uncertainty / S.C.J. Palmer, L. Barill'e, S. Kay, S. Ciavatta, B. Buck, P. Gernez // Aquaculture. – 2021. – Vol. 532. Art. № 736116. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736116>.
12. Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock / C. Fabioux, A. Huvet, S. Le Pierrick, P. Le Marcel, S. Pouvreaux // Aquaculture. – 2005. – 250 (1–2). – P. 458–470.

УДК 595.384.12(265.53)"08.2016"

**К.А. Кобяков**

Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: kir.321@mail.ru

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И СОСТАВ ПИЩИ  
У КРЕВЕТКИ *SPIRONTOCARIS INTERMEDIA* (КОВЯКОВА, 1936)  
ИЗ САХАЛИНСКОГО ЗАЛИВА (ОХОТСКОЕ МОРЕ) В АВГУСТЕ 2016 ГОДА**

Описаны биологическое состояние и состав пищи креветок *Spirontocaris intermedia* Kobjakova, 1936. Материал был собран С.Е. Аносовым в Сахалинском заливе (Охотское море), (54°23' – 54°28' с. ш., 140°53' – 141°08' в. д., на глубине 63 м) в августе 2016 г. (49 особей, 32 желудка с пищей, а 7 из них полные). Самки креветок несли на плеоподах только что отложенные яйца или же готовились к нересту. Можно заключить, что в конце лета в Сахалинском заливе у данного вида наблюдается нерест. Это совпадает с тем, что температура воды в заливе достигает максимальных величин (18°C). В желудках креветок были найдены детрит и относительно большое количество раковины мертвых фораменифер. Высказано предположение, что *S. intermedia* – детритотофаг.

**Ключевые слова:** *Spirontocaris intermedia*, стадия зрелости, состав пищи, интенсивность питания, Сахалинский залив.

**К.А. Kobiakov**

Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: kir.321@mail.ru

**BIOLOGICAL STATE AND FOOD COMPOSITION  
OF SHRIMP *SPIRONTOCARIS INTERMEDIA* (KOBIAKOVA, 1936)  
FROM SAKHALIN BAY (SEA OF OKHOTSK) IN AUGUST 2016**

The biological state and food composition of shrimp *Spirontocaris intermedia* Kobjakova, 1936 are described. The material was collected by S.E. Anosov in Sakhalin Bay (Sea of Okhotsk), (54°23' – 54°28' n. w., 140°53' – 141°08' v. l., at a depth of 63 m) in August 2016 (49 individuals, 32 stomachs with food, and 7 of them are full). Female shrimps carried newly laid eggs on pleopods or were preparing for spawning. It can be concluded that at the end of summer in Sakhalin Bay, this species spawns. This coincides with the fact that the water temperature in the bay reaches maximum values (18°C). Detritus and a relatively large number of shells of dead foramenifera were found in the stomachs of shrimp. It can be assumed that *S. intermedia* is a detritophage.

**Key words:** *Spirontocaris intermedia*, maturity stage, food composition, nutrition intensity, Sakhalin Bay.

Креветка *Spirontocaris intermedia*, хотя и не используется в промысле, занимает важное положение в экосистеме Сахалинского залива (Охотское море), так как встречается в качестве прилова [1]. Она широко распространена на шельфе, встречаясь от уреза воды до нижней границы кромки шельфа (400 м) [2].

Изучение биологии, в том числе и пищевых взаимоотношений любых гидробионтов, необходимо для познания жизненных циклов и экологии видов, а также рационального использования запасов промысловых объектов в хозяйственной деятельности.

Фаунистические исследования креветок этих вод ведутся давно, но биология и состав пищи у них практически не изучены. Половозрелые особи *S. intermedia* собраны в Сахалинском заливе. Креветки были пойманы летом (в августе 2016 г). Их биология изучена слабо, а в арктических морях России не изучена вообще.

В задачи исследования входило:

1. Описание биологического состояния креветки из Сахалинского залива.
2. Исследование состава пищи этого вида и определение его типа питания.

Работа выполнена в рамках двух тем инициативно-поисковых (фундаментальной и прикладной) научно-исследовательской работы кафедры «Водные биоресурсы и аквакультуры» по теме: «Эколого-фаунистическая характеристика гидробионтов из водоемов Калининградской области и некоторых районов Мирового океана» Рег. № 13.13.036.2 и инициативно-поисковых (фундаментальной и прикладной) научно-исследовательской работы Научно-образовательного центра им. профессора Н.С. Гаевской по теме: «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана» Рег. № 13.13.029.2.

Материал для нашего исследования был собран и любезно предоставлен сотрудником ВНИРО С.Е. Аносовым.

Креветки были пойманы донным тралом и зафиксированы 4%-ным формалином.

Биологический анализ креветок по методике Р.Н. Буруковского [3] проводится перед рассмотрением трофологической (исследование содержимого желудков) части. Длину измеряли от заднего края орбит до конца тельсона. Пол исследуемой особи определяли по наличию или отсутствию *appendix masculina* на эндоподите вторых плеопод. У самок определяли стадию зрелости гонад и наличие яиц на плеоподах.

Для изучения содержимого желудков пользовались методикой Р.Н. Буруковского [4].

После извлечения желудок помещают в чашку Петри, вскрывают и определяют степень наполнения желудка пищей по четырехбалльной шкале:

- 0 – в желудке пища отсутствует;
- 1 – пища заполняет менее половины желудка;
- 2 – заполнение желудка пищей на половину его объема и более;
- 3 – пища заполняет весь желудок.

Желудок помещают в каплю воды на чашке Петри, и его содержимое равномерно распределяют препаровальными иглами. В неполных желудках определяли только состав пищи. В полных желудках, помимо состава съеденного, оценивается с точностью до 10% доля основных объектов пищевого комка. Подсчитывали частоту встречаемости (процент встреч данного компонента пищи от общего числа исследованных желудков с пищей) и рассчитывали коэффициент Фроермана (среднее количество пищевых объектов в желудке без несъедобных компонентов пищевого комка [4]).

Рассчитывали реконструированный усредненный (виртуальный) пищевой комок (т. е. средняя доля каждого компонента пищевого комка в его объеме, выраженная в процентах) [4].

Под названием «компоненты пищевого комка» мы подразумеваем и живые, и неживые остатки, встреченные в желудках, в отличие от «пищевых объектов», т. е. тех компонентов, которые используются креветкой в качестве пищи. Таксономическое определение принадлежности жертв по их остаткам, как правило, производилось с точностью до класса, отряда или типа.

Размерный состав: Длина исследованных креветок варьирует от 35 до 51 мм (рис. 1).

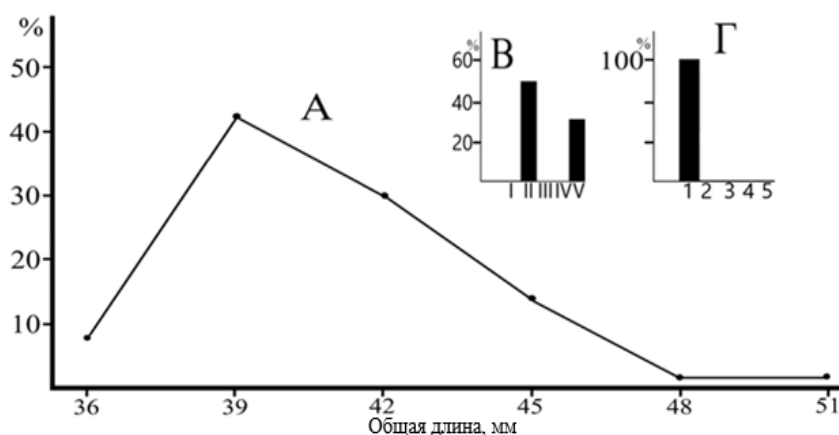


Рис. 1: А – Размерный состав самок *S. intermedia* в Сахалинском заливе в августе 2016 г.; В – стадия зрелости гонад у самок; Г – стадия эмбрионального развития яиц

Самки составляют 100%, самцов в пробе нет.

Самки без яиц со II стадией зрелости гонад имеют общую длину от 35 до 45 мм, их размерный пик приходится на 39 мм. Особи со II стадией зрелости гонад, несущие яйца на плеоподах, имеют размеры от 39 до 45 мм, с размерным пиком 42 мм. В пробе преобладали самки без яиц (81,6%), из них со II стадией зрелости гонад (49%), а с V стадией зрелости гонад (32,6%). 18,4% самок несут только что отложенные яйца в 1 стадии эмбрионального развития. Плодовитость варьировала от 25 до 144 яиц с размерами 1,0 × 1,1 мм. Можно предположить, что в августе 2016 г. в Сахалинском заливе одна часть креветок *S. intermedia* только что отнерестились, а другая часть – готовится к нересту (рис. 2).

Интенсивность питания исследованных креветок оказалась низкой (рис. 3). У большинства креветок в желудках пищи нет или совсем мало (балл наполнения 1). Вероятно, это объясняется тем, что креветки находятся в преднерестовом состоянии или только что отнерестились.

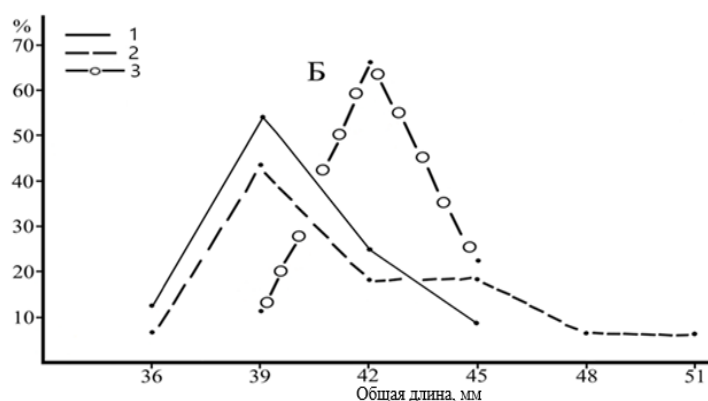


Рис. 2: Б – Зависимость состояния гонад самок от размера особи *S. intermedia* в Сахалинском заливе в августе 2016 г. 1 – самки без яиц со II стадией зрелости гонад, 2 – самки без яиц со стадией зрелости гонад V, 3 – самки с яйцами

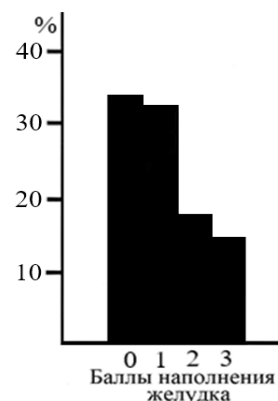


Рис. 3. Интенсивность питания *S. intermedia*

#### Состав пищи креветки *S. intermedia*

Объекты питания	Частота встречаемости, %	Доля в виртуальном пищевом комке, %
Детрит	100	100
Foraminifera	56,3	-
Песок	6,3	-
Неопределенные останки	3,1	-
Всего желудков с пищей/полных	32	7
Коэфф. Фроермана	1,6	

Мы предполагаем, что в августе 2016 г. в Сахалинском заливе у исследованного вида проходит нерест, так как у яйценосных особей обнаружены яйца в первой стадии эмбрионального развития. Как раз в это время температура воды была максимально теплая (от 10 до 18°C).

В пище креветок по частоте встречаемости доминирует детрит (100%), и практически в каждом втором желудке попадают фораминиферы (56,3%). Можно предположить, что в период сбора материалов они относятся к основным объектам питания. Песок, а также неопределенные остатки присутствуют в небольших количествах. Можно предположить, что *S. intermedia* – детритофаг.

Автор выражает благодарность профессору Р.Н. Буруковскому, доценту С.А. Судник, а также рецензенту за ряд важных замечаний, указанные ошибки и за возможность сделать статью лучше.

#### Литература

1. Блохин И.А. Непромысловые ракообразные северной части Западно-Камчатского шельфа в 2013–2014 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2017. – № 46. – С. 31–41.

2. Соколов В.И. Десятиногие ракообразные (Crustacea Decapoda) евразийских морей полярного бассейна. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ВНИРО, 2001. – 344 с.

3. Буруковский Р.Н. Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных. – М.: ВНИРО, 1992. – С. 77–84.

4. Буруковский Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 408 с.

5. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. – М.: Наука, 1967. – 128 с.

УДК 551.464.7:639.2(268.45)

**М.А. Новиков, Е.А. Горбачева**

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

### **СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2022 ГОДУ**

Определено содержание хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов в 55 пробах мышечной ткани промысловых рыб (трески, пикши, черного палтуса, камбалы-ерша и др.), отобранных тралом в южной части Баренцева моря. Содержание пестицидов и ПХБ анализировали методом хромато-масс-спектрометрии. Показан низкий уровень загрязнения промысловых рыб Баренцева моря гексахлорбензолом, изомерами и метаболитами гексахлорциклогексана, хлордана, ДДТ и ПХБ. Наибольший уровень содержания исследованных соединений отмечен в мышцах черного палтуса, наименьший – у пикши. Содержание хлорданов в мышцах трески и пикши было ниже предела обнаружения. Выявлен достоверный тренд снижения содержания стойких органических соединений в мышцах некоторых баренцевоморских рыб.

**Ключевые слова:** Баренцево море, промысловые рыбы, мышечная ткань, пестициды, ПХБ.

**М.А. Novikov, E.A. Gorbacheva**

*Polar branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography  
(PINRO named after N.M. Knipovich),  
Murmansk, 183038  
e-mail: mnovikn@pinro.ru*

### **PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN THE BARENTS SEA COMMERCIAL FISH SPECIES IN 2022**

This study aimed to estimate the content of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in 55 samples of fish muscle. The samples were collected from commercial fish species (cod, haddock, Greenland halibut, long rough dab and other species). The fishes were caught by trawls in the southern Barents Sea. Chromatography-mass spectrometry was used to analyze the content of pesticides and PCBs. The study revealed that commercial fish in the Barents Sea were mildly contaminated with hexachlorobenzene, isomers and metabolites of hexachlorocyclohexane, chlordane, DDT and PCBs. The highest content of examined organic pollutants occurred in the muscle of Greenland halibut, the lowest content – in the muscle of haddock. The content of chlordanes in the muscle of cod and haddock did not exceed the detection limit. A stable downward trend in the content of persistent organic pollutants in the muscle of some Barents Sea fish species was observed.

**Key words:** Barents Sea, commercial fish species, muscle tissue, pesticides, PCBs.

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) – одни из самых токсичных и потенциально опасных соединений глобального распространения. Они, в частности, загрязняют и весь Мировой океан – СОЗ постоянно обнаруживаются в воде, донных отложениях и морских организмах. Поллютанты этой группы – хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) обладают ярко выраженной способностью накапливаться при переносе по трофическим цепям, также они весьма стойки к биодegradации, т. е. являются персистентными соединениями. Арктика – регион повышенного уровня накопления СОЗ, что обусловлено особенностями дальнего переноса в высокие широты [1–3]. Эти высокотоксичные органические соединения могут по-разному накапливаться в организме рыб в зависимости от их жирности, состава пищи, рациона и условий среды обитания. СОЗ в промысловых гидробионтах Баренцева моря – важный объект регулярного экологического мониторинга, выполняемого Полярным филиалом ВНИРО (ПИНРО им. Н.М. Книповича) [4–6].

В ходе экосистемной съемки ПИНРО им. Н.М. Книповича в январе – феврале 2022 г. на акватории Баренцева моря было выполнено 23 станции отбора проб основных промысловых рыб (рис. 1). С целью оценки содержания поллютантов в промысловых рыбах были исследованы пробы мышц атлантической трески (*Gadus morhua*), камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*), камбалы морской (*Pleuronectes platessa*), полосатой (*Anarhichas lupus*) и пестрой (*A. minor*) зубаток. Всего обработано 55 проб. Репрезентативные данные получены для трески ( $N = 13$ ;  $L = 66$ – $107$  см,  $W = 2145$ – $9885$  г), пикши ( $N = 8$ ;  $L = 45$ – $63$  см,  $W = 760$ – $2\ 685$  г), камбалы-ерша ( $N = 8$ ;  $L = 38$ – $46$  см,  $W = 506$ – $1\ 014$  г), черного палтуса ( $N = 5$ ;  $L = 53$ – $59$  см,  $W = 1\ 295$ – $2\ 260$  г) и зубатки пестрой ( $N = 6$ ;  $L = 65$ – $122$  см,  $W = 2\ 585$ – $22\ 000$  г). Определение содержания поллютантов проводили методом хромато-масс-спектрометрии. Отбор, пробоподготовка и аналитические измерения выполнены в соответствии с методическими руководствами ИКЕС и ФАО [7, 8]. Изученные ХОП:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гексахлорциклогексан (ГХЦГ), гексахлорбензол (ГХБ), цис-, транс-хлордан, транс-нонахлор, изомеры и метаболиты дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ), а также ПХБ (конгенеры 28, 31, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) были определены методом газовой хроматографии на спектрометре GCMS-QP2010 Plus «Shimadzu» с капиллярной кварцевой колонкой HP-5MS ( $L = 30$  м) и масс-спектрометрическим детектором. Для идентификации индивидуальных соединений применяли режим выбранных ионов (SIM).

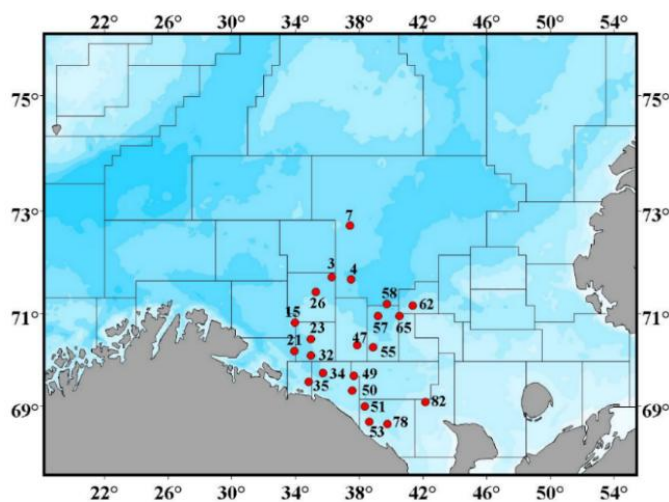


Рис. 1. Станции отбора проб рыбы в Баренцевом море в январе – феврале 2022 г.

Содержание пестицидов и ПХБ в мышцах трески, пикши и камбалы-ерша было относительно низким (рис. 2). По уровню содержания СОЗ в мышцах лидирует черный палтус. В мышцах трески и пикши содержание СОЗ находится примерно на одном уровне. Содержание СОЗ в мышцах пестрой зубатки было немногим выше, чем у камбалы-ерша. Очевидно, что содержание СОЗ в рыбе напрямую зависит от содержания жира в их мышцах.

Величины суммарного содержания изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах исследованных рыб соответствовали опубликованным ранее данным по южной части Баренцева моря [9]. Увеличение в мышцах исследованных рыб относительного содержания  $\alpha$ -ГХЦГ по сравнению с  $\gamma$ -ГХЦГ ( $\alpha$ -ГХЦГ/ $\gamma$ -ГХЦГ > 1) свидетельствовало о давнем поступлении этого пестицида в морскую среду. Содержание метаболита  $p,p'$ -ДДЕ в мышцах рыб значительно превышало содержание изомера  $p,p'$ -ДДТ, что указывало на длительный процесс трансформации ДДТ, т. е. на «старое» загрязнение среды обитания рыб этим пестицидом.

Среднее содержание суммы изомеров хлордана наиболее велико в мышцах палтуса ( $2,04 \pm 1,22$ ) нг/г сырой массы (здесь и далее  $\pm$  стандартная ошибка среднего значения). Содержание хлорданов в мышцах трески и пикши было ниже предела обнаружения. Из трех определяемых изомеров хлордана в мышцах рыб преобладал цис-хлордан, транс-нонахлор обнаружен только у отдельных экземпляров пестрой зубатки и черного палтуса, транс-хлордан – только у палтуса. Накопление изомеров хлордана преимущественно в черном палтусе, выловленном в южных районах Баренцева моря, уже было отмечено ранее [9]. Низкие величины содержания изомеров хлордана в тканях рыб Баренцева моря могут быть обусловлены ограниченным применением технического хлордана в Западной Европе и Советском Союзе. Крупнейшим мировым производителем (до 1997 г.) и потребителем этого пестицида являлись США [10].

Полученные результаты показали, что уровни содержания исследованных СОЗ в мышцах баренцевоморских рыб не превышали установленные в России нормативы. Так, согласно нормативным документам, в России и Таможенном союзе в мышцах морских промысловых рыб предельно допустимый уровень содержания  $\Sigma$ ГХЦГ составляет 200 нг/г,  $\Sigma$ ДДТ – 200 нг/г,  $\Sigma$ ПХБ – 2000 нг/г сырой массы [11].

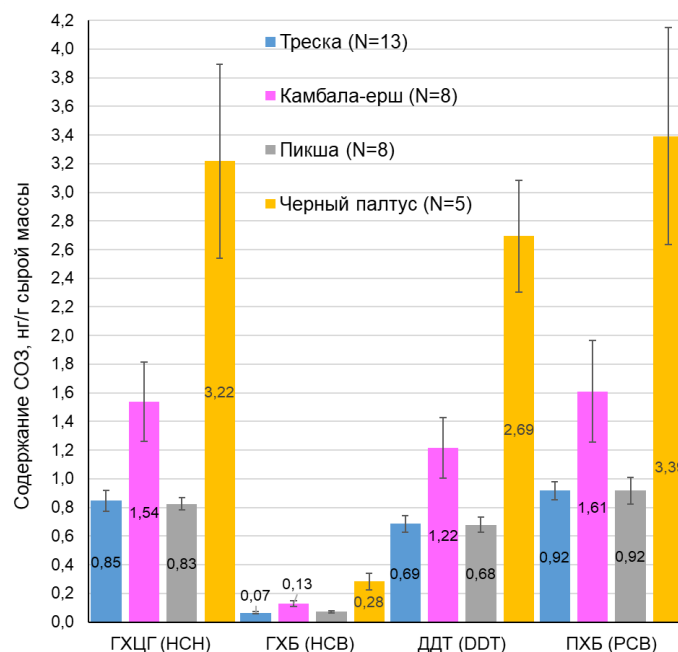


Рис. 2. Среднее содержание пестицидов и ПХБ (СОЗ) в мышцах рыб Баренцева моря (планки погрешностей – величина стандартной ошибки среднего)

Полученные результаты подтверждают сохранение общего незначительного уровня загрязнения гидробионтов Баренцева моря и среды их обитания СОЗ. Достоверные тренды на увеличение загрязнения промысловых рыб пестицидами и ПХБ не наблюдаются. Напротив, в отношении содержания хлорорганических пестицидов, таких как ДДТ, ГХЦГ и ГХБ, а также ПХБ в промысловых рыбах, например в треске, последние 10 лет отмечен слабый отрицательный тренд (рис. 3 и 4). У черного палтуса отрицательный тренд имеет место только в случае с ГХБ. Величины коэффициента регрессии  $R^2$  для содержания СОЗ в рыбе сравнительно невелики, однако они свидетельствуют о том, что некоторая, немалая часть дисперсии этого показателя обусловлена именно влиянием фактора современных изменений качества окружающей среды.

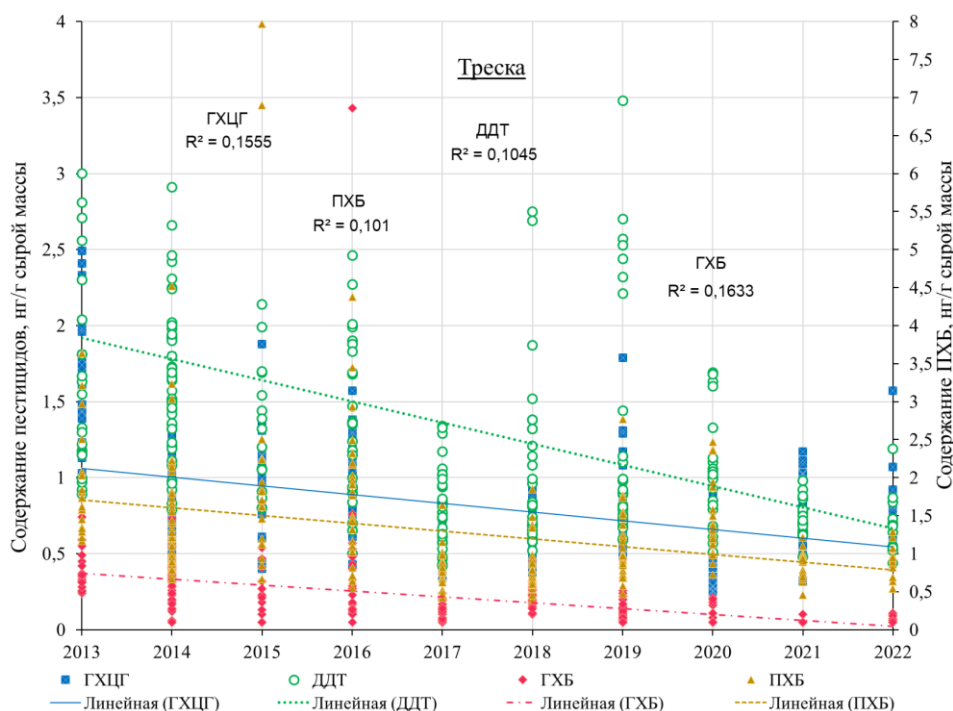


Рис. 3. Тренд содержания пестицидов и ПХБ в мышцах трески в период 2013–2022 гг. (мкг/г)



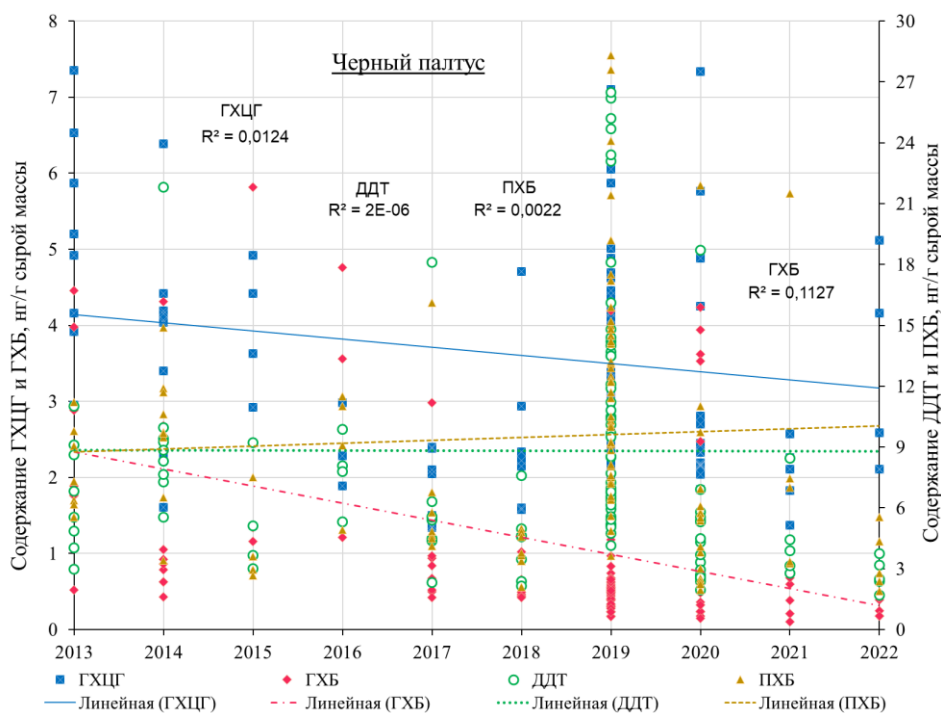


Рис. 4. Тренд содержания пестицидов и ПХБ в мышцах черного палтуса в период 2013–2022 гг. (мкг/г)

Причина подобного явления, вероятно, кроется в снижении или, во всяком случае, неувеличении поступления новых количеств хлорорганических пестицидов и ПХБ в морскую среду Баренцева моря. В высоких широтах Северного полушария наблюдается своеобразный круговорот СОЗ в системе поверхность – атмосфера, основанный на миграции накопленного старого загрязнения морского льда и ледников (использование этих соединений запрещено Стокгольмской конвенцией в 2001 и 2009 гг.), обусловленной современными климатическими изменениями.

Полученные в январе – феврале 2022 г. результаты подтверждают общий незначительный уровень загрязнения водных биологических ресурсов Баренцева моря.

## Литература

1. АМАР, 2004. АМАР Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2004. – 310 pp.
2. АМАР, 2009. Arctic Pollution 2009. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2009. – 83 p.
3. Новиков М.А. Стойкие органические загрязнители в донных отложениях Баренцева моря // Водные ресурсы. – 2021. – Т. 48, № 3. – С. 334–343.
4. Жилин А.Ю., Плотцына Н.Ф., Лаптева Н.Ф. Мониторинг стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов в промысловых рыбах Медвежинско-Шпицбергенского района // Вестник КНЦ РАН. – 2018. – № 3 (10). – С. 78–86.
5. Новиков М.А., Жилин А.Ю. Хлорорганические пестициды в промысловых рыбах Баренцева моря в 2020 г. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы XII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (28–29 апреля 2021 г.): в 2 ч. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021. – С. 15–19.
6. Горбачева Е.А., Новиков М.А. Содержание стойких органических загрязнителей в северной креветке из северо-восточных районов Баренцева моря // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. – С. 81–85.
7. ICES Guidelines for Monitoring Contaminants in Fish and Shellfish and in Sediments / Six Year Review of ICES Coordinated Monitoring Programmes // Coop. Res. Report. – 1984. – № 126. – P. 96–100.
8. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 2. Guidelines for Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring // FAO Fisheries Technical Paper. – 1976. – № 150. – 76 p.

9. Жилин А.Ю., Плотцына Н.Ф. Содержание загрязняющих веществ в промысловых рыбах Баренцева моря в 2015 году // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2-х частях. Ч. 2. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – С. 20–24.

10. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Oslo, Norway, 2004. – 309 p.

11. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. «О безопасности пищевой продукции». Утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880. Официальный сайт Комиссии Таможенного союза. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 30.01.2023).

УДК 591.524.12(265.52)"06-07.2018"

**А.Г. Расходчикова, Н.А. Седова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: raskhodchikova99@mail.ru*

### **СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА У ЮГО-ВОСТОЧНЫХ БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ В ИЮНЕ – ИЮЛЕ 2018 ГОДА**

В обработанных пробах было обнаружено 33 вида зоопланктонных организмов. Для Авачинского залива отмечено 32 вида, для Кроноцкого – 27. Средняя численность зоопланктона в Авачинском заливе составила 42,67 экз/м<sup>3</sup>, в Кроноцком – 48,27 экз/м<sup>3</sup>. Средняя биомасса в Авачинском заливе – 652,43 мг/м<sup>3</sup>, в Кроноцком заливе – 761,34 мг/м<sup>3</sup>. По всей акватории исследования регулярно встречались Cyclopoida, Calanoida, Chaetognatha, Euphausiacea, Pteropoda, Polychaeta, Caridea, Paguridae, Brachyura. По численности доминировали Chaetognatha, Copepoda и Decapoda, по биомассе – Calanoida, Chaetognatha и Medusozoa. Распределение зоопланктона по акватории было неравномерным. Более высокая численность зоопланктона отмечена в неритической зоне, на станциях с глубинами менее 50 м.

**Ключевые слова:** зоопланктон, Юго-Восточная Камчатка, видовой состав, распределение, численность, биомасса.

**A.G. Raskhodchikova, N.A. Sedova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: raskhodchikova99@mail.ru*

### **COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON OFF THE SOUTHEASTERN COAST OF KAMCHATKA IN JUNE – JULY 2018**

33 species of zooplankton organisms were found in the processed samples. 32 species were noted for Avacha Bay, 27 for Kronotsky Bay. The average number of zooplankton in Avacha Bay was 42.67 specimens/m<sup>3</sup>, in Kronotsky Bay – 48.27 specimens/m<sup>3</sup>. The average biomass in Avacha Bay was 652.43 mg/m<sup>3</sup>, in Kronotsky Bay – 761.34 mg/m<sup>3</sup>. Cyclopoida, Calanoida, Chaetognatha, Euphausiacea, Pteropoda, Polychaeta, Caridea, Paguridae, Brachyura were regularly encountered throughout the study area. Sagitta, Copepoda and Decapoda dominated in numbers, Calanoida, Chaetognatha and Medusozoa dominated in biomass. The distribution of zooplankton in the water area was uneven. A higher number of zooplankton was observed in the neritic zone, at stations with depths of less than 50 m.

**Key words:** zooplankton, South-Eastern Kamchatka, species composition, distribution, abundance, biomass.

Изучение видового и количественного состава зоопланктона в прибрежных районах северо-западной части Тихого океана представляет как научный, так и практический интерес, так как данный район имеет важное хозяйственное значение. Зоопланктон играет важную роль в структуре морских экосистем. Знание состава и структуры зоопланктонных организмов дает возможность использовать их как индикатор при изучении состояния экосистем. Исследование структуры трофических сетей и происходящих в них изменений является важным для понимания особенностей существования пелагических сообществ, мониторинга и рационального использования ресурсов. Но при этом работ по зоопланктонным организмам северо-западной части Тихого океана опубликовано немного, хотя район считается высокопродуктивным [1]. С 1970-х годов по начало 2000-х изучение зоопланктона у побережья Юго-Восточной Камчатки, а также сбор гидробиологических проб осуществлялся периодически. Имеются лишь сведения о распределении и видовом составе зоопланктона Авачинской губы и данные для Авачинского залива,

полученные более 15 лет назад [2–7]. Кроме того, опубликованы сведения по морфологии и распределению отдельных видов веслоногих рачков, эвфаузиид, десятиногих раков [8–12].

*Цель работы* – изучить видовой и количественный состав зоопланктона у юго-восточных берегов Камчатки в июне – июле 2018 г. и распределение его по акватории района исследования.

Материалом для работы послужили сборы планктона, выполненные по научной программе КамчатНИРО у юго-восточных берегов Камчатки с 11 июня по 14 июля 2018 г. Над глубинами 21–600 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть (ИКС-80) с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм, которой выполняли тотальный облов. Район исследования был поделен на две части – Авачинский и Кроноцкий заливы. Схема станций представлена на рис. 1.

Пробы фиксировали в 4%-ном формалине. Анализ проб выполняли в лабораторных условиях стандартными методами обработки зоопланктона [13]. Количество гидробионтов просчитывали в камере Богорова при 32-кратном увеличении. Длину измеряли при помощи окуляр-микрометра с точностью до 0,01 мм. В Авачинском заливе было собрано 12 проб, а в Кроноцком – восемь.

Систематическое положение морских организмов определяли с учетом современных баз данных. Для определения видового состава зоопланктона использовали определители для прикамчатских вод и для дальневосточных морей. Зоопланктон был разделен на три фракции – мелкая (организмы менее 1,5 мм) средняя (1,5–3 мм) и крупная (более 3 мм).

Размерный состав зоопланктона был разнообразным – от 1 до 24 мм. Мелкая фракция практически отсутствовала, так как ИКС-80 плохо улавливает организмы менее 1 мм. Средняя и крупная фракции были представлены в полном объеме. В средней фракции преобладали организмы размером 2–3 мм, а в крупной от 4 до 6 мм. Крупная фракция представлена головоногими моллюсками, щетинкочелюстными, личинками эвфаузиид, крылоногими моллюсками, медузами, личинками десятиногих раков, полихетами, бокоплавами и веслоногими рачками. Средняя фракция состояла из веслоногих рачков, аппендикулярий, крылоногих моллюсков и прочих.

Из обнаруженных организмов чаще всего у юго-восточных берегов Камчатки встречались веслоногие рачки, морские стрелки и моллюски (они были отмечены во всех пробах), а также эвфаузииды (95%) и десятиногие раки (95%). Реже в пробах были отмечены полихеты (35%) и медузы (65%). Аппендикулярии встречались редко (15%).

По численности в пробах преобладали морские стрелки (средняя численность по всему району составляла  $(25,38 \pm 3,68)$  экз/м<sup>3</sup>), *Sopropoda* –  $(11,29 \pm 1,51)$  экз/м<sup>3</sup> и десятиногие раки –  $(1,58 \pm 0,42)$  экз/м<sup>3</sup>. Численность остальных организмов была незначительной. По биомассе доминировали веслоногие рачки (средняя биомасса –  $(469,99 \pm 68,56)$  мг/м<sup>3</sup>), морские стрелки  $(159,35 \pm 23,30)$  мг/м<sup>3</sup>, медузы  $(54,62 \pm 17,13)$  мг/м<sup>3</sup> и десятиногие раки  $(23,48 \pm 11,67)$  мг/м<sup>3</sup>.

В пробах было обнаружено 13 видов копепод, из них преобладали представители семейств Eucalanidae и Calanidae – *E. bungii* Giesbrecht, 1893, *N. cristatus* Krøyer, 1848, *N. plumchrus* Marukawa, 1921. Размеры рачков колебались в пределах от 2 до 9 мм. Самым крупным видом оказался *N. cristatus* (6–9 мм). Размеры остальных копепод не превышали 7 мм. Из веслоногих рачков доминировали как по численности, так и по биомассе *N. cristatus* ( $(5,64 \pm 1,21)$  экз/м<sup>3</sup> и  $(198,12 \pm 42,20)$  мг/м<sup>3</sup>), *E. bungii* ( $(3,08 \pm 0,63)$  экз/м<sup>3</sup> и  $(175,12 \pm 38,82)$  мг/м<sup>3</sup>), *N. plumchrus* ( $(1,73 \pm 0,53)$  экз/м<sup>3</sup> и  $(87,09 \pm 32,42)$  мг/м<sup>3</sup>). Остальные виды копепод не образовывали значительной численности и биомассы (рис. 2). *Aetideus pacificus* Brodsky, 1950, *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955, *Acarita* sp., *Centropages* sp., *Pleuromamma scutulata* Brodsky, 1950 встречались в пробах единично (рис. 3).

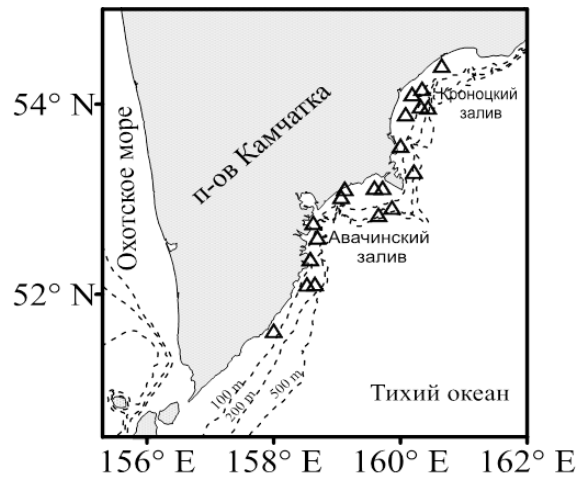


Рис. 1. Схема расположения станций

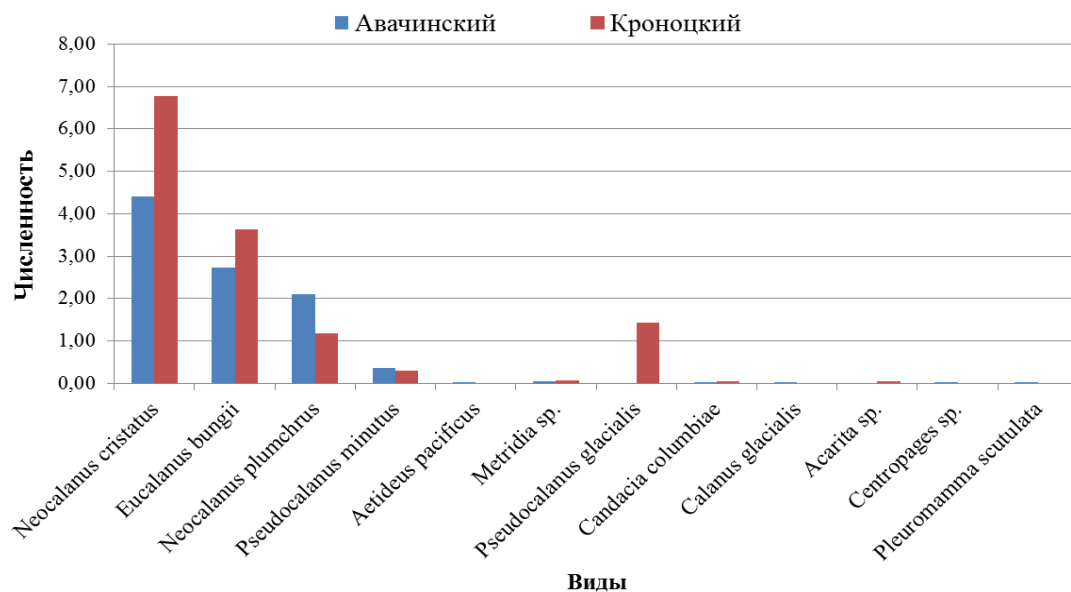


Рис. 2. Средняя численность отдельных видов копепод в Авачинском и Кроноцком заливах в 2018 г., экз/м<sup>3</sup>

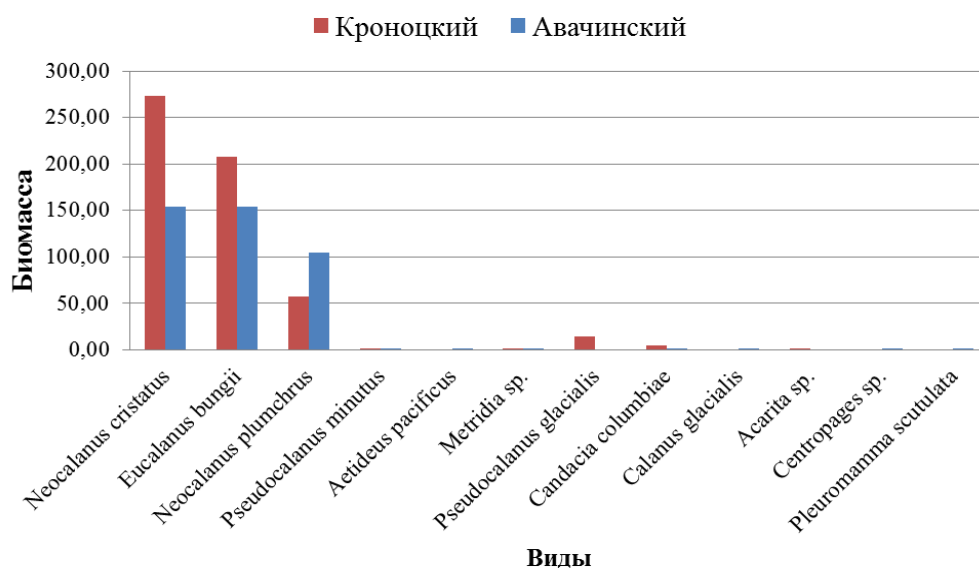


Рис. 3. Средняя биомасса копепод в Авачинском и Кроноцком заливе, мг/м<sup>3</sup>

Из десятиногих раков чаще встречались личинки крабов (85% от всех проб) и креветок (75%). Личинки отшельников встречались в 60% проб, но при этом преобладали как по численности ((1,27 ± 0,21) экз/м<sup>3</sup>), так и по биомассе ((14,10 ± 8,90) мг/м<sup>3</sup>). Креветок было больше, чем крабов. Их средняя численность составила (0,55 ± 0,14) экз/м<sup>3</sup>, а биомасса (5,55 ± 2,06) мг/м<sup>3</sup>, у крабов соответственно (0,46 ± 0,24) экз/м<sup>3</sup> и (3,58 ± 2,48) мг/м<sup>3</sup>.

Из равноногих раков (Amphipoda) было обнаружено два вида. *Themisto japonica* (Bovallius, 1887) относится к семейству Hyperiidae. Размеры варьировали от 2 до 10 мм. Эвфаузииды представлены только родом *Thysanoessa*. В пробах преобладали в большом количестве фурцилии (личинки) размером от 4 до 9 мм. Обнаружены также единичные личинки на стадии калиптопис. Взрослые особи были представлены двумя видами – *Th. inermis* (Krøyer, 1846) длиной 14 мм и *Th. raschii* M. Sars, 1864 длиной 10 мм, которые встречались в единично в 10% и 5% всех проб соответственно.

Помимо этого, в пробах обнаружены взрослые особи и молодь крылоногих и моллюсков – Птеропода (*Limacina helicina* Phipps, 1774, *Clione limacina* Phipps, 1774). Встречались единично

и Cephalopoda. Многочисленным видом был морской чертик *L. helicina*. Размеры всех моллюсков были от 2 до 10 мм. Щетинкочелюстные (Chaetognatha) встречались в каждой пробе. Размеры морских стрелок варьировали от 10 до 24 мм. В большом количестве встречались медузы, их размер был от 3 до 10 мм. Аппендикулярии встречались в 15% проб, полихеты – в 35% проб. Их длина варьировала в пределах 1,5–6 мм.

Результаты исследования показывают, что численность и биомасса зоопланктона у юго-восточных берегов Камчатки в начале лета 2018 г. имели невысокие значения ( $(49,26 \pm 9,44)$  экз/м<sup>3</sup> и  $(695,99 \pm 188,39)$  мг/м<sup>3</sup>). Основу биомассы всего района исследования составляли копеподы и морские стрелки. Видовой состав зоопланктона был разнообразным. Авачинский и Кроноцкий заливы отличались как по численности и биомассе, так и по видовому составу. По численности и биомассе преобладал Кроноцкий залив. Видовой состав был более разнообразным в Авачинском заливе.

Распределение зоопланктона по акватории в целом было неравномерным (рис. 4). Более высокая численность зоопланктона Авачинского залива отмечена в неритической зоне, на станциях с глубинами менее 50 м. Высокая биомасса над этими глубинами образовалась за счет большого количества веслоногих рачков. В Кроноцком заливе отмечено скопление личинок раков-отшельников на станции с глубиной 42 м. Крупных скоплений остальных видов и групп зоопланктона не обнаружили.

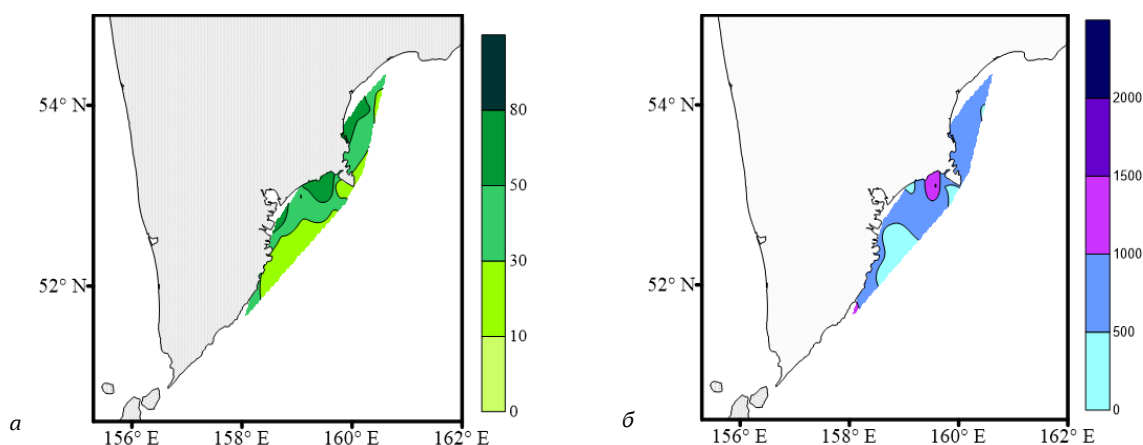


Рис. 4. Распределение численности (а), экз/м<sup>3</sup> и биомассы (б), мг/м<sup>3</sup> зоопланктона у юго-восточных берегов Камчатки в июне – июле 2018 г.

На состав и распределение планктона в большей мере влияет циркуляция вод (перераспределение, перенос, накопление планктона), хотя одновременно действует множество факторов (неравномерный прогрев воды, различное количество биогенов, антропогенные факторы и др.) [1]. В результате складывается неоднозначная картина количественного и качественного распределения отдельных организмов.

### Литература

1. Дулепова Е.П. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2002. – 274 с.
2. Федотова Н.А. Состав и распределение зоопланктона у берегов юго-западной Камчатки и острова Парамушир в июне 1963 гг. // Аннот. науч. работ по исслед. сырьевой базы рыб. промысла Дальнего Востока в 1963–1964 гг. – Владивосток: Дальневост. книж. изд-во, 1967. С. 15.
3. Швецова Г.М. Значение макропланктона в питании минтая у о. Сахалин и юго-западной Камчатки // Всесоюз. совещ. по макропланктону морей и океанов: Тез. докл. – М., 1973. – С. 56.
4. Саматов А.Д., Саматова И.Н. Сезонная изменчивость океанологических параметров и биомассы планктона Авачинской губы // Проблемы гидроэкологии на рубеже веков: Тез. докл. междунар. конф. – СПб.: ЗИН РАН РГО, 2000. – С. 158–160.
5. Саматов А.Д., Саматова И.Н. Пространственное распределение и сезонная динамика копеподы *Acartia hudsonica* в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) // Биология моря. – 1996. – Т. 2, № 1. – С. 21–30.

6. Солохина Е.В. Видовой состав, динамика и распределение зоопланктона Авачинской губы (восточная Камчатка) и лагуны Гладковская (Командорские о-ва): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2003. – 20 с.

7. Батищева Н.А. Состав и распределение зоопланктона у юго-восточного побережья Камчатки весной 2006 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2008. – Вып. 11. – С. 42–46.

8. Пономарева К.А, Седова Н.А. Численность и распределение *Neocalanus cristatus* (Copepoda, Calanoida) в прикамчатских водах весной 2001, 2002 гг. // X региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов ВУЗов и научных организаций Дальнего Востока России. – Владивосток, 15–18 марта 2011 г. – С. 202.

9. Саматов А.Д. Популяционная динамика неритической копеподы *Tortanus discaudatus* Thompson et Scott в Авачинской губе // Биоресурсы мор. и пресновод. экосистем: Тез. докл. конф. молодых учен. (Владивосток, 17–18 мая 1995 г.). – Владивосток: ТИНРО-центр, 1995. – С. 76–78.

10. Саматов А.Д. Виды рода *Pseudocalanus* (Copepoda: Calanoida) в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) // Биология моря. – 2001. – Т. 27, № 4. – С. 259–267.

11. Седова Н.А., Лосенкова К.В. Морфологическая изменчивость четырех видов эвфаузиид рода *Thysanoessa* Brandt, 1851 из прикамчатских вод // Биология моря. – 2012. – Т. 38, № 6. – С. 462–470.

12. Седова Н.А., Тепнин О.Б. Экология и распределение личинок каридных креветок у юго-восточных берегов Камчатки // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – Вып. 47. – С. 96–108.

13. Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. – Владивосток: ТИНРО, 1982. – 29 с.

УДК 639.42(265.54)"2022"

**М.М. Сергеева**

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, 690087  
e-mail: Sergeeva.MM@dgtru.ru*

### **РАЗМЕРНО-МАССОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИДИИ С ПОДВЕСНОЙ ПЛАНТАЦИИ БУХТЫ ШИРОКОЙ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2022 ГОДУ**

К культивированию мидий имеется повышенный интерес, это обусловлено простотой и минимальными затратами. Также это возможность решения ряда экологических проблем, так как возможно их использование для формирования зон биофильтров в акваториях, которые в большей степени подвержены антропогенному загрязнению. В процессе работы изучены некоторые черты биологии тихоокеанской мидии, культивируемой на подвесной плантации. Были проанализированы размерный, массовый составы. Дана сравнительная характеристика некоторых биологических показателей тихоокеанской мидии, выращиваемой в двух различных бухтах.

**Ключевые слова:** тихоокеанская мидия, подвесная плантация, размерный состав, массовый состав, зависимость высота – масса, бухта Широкая.

**M.M. Sergeeva**

*Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok, 690087  
e-mail: Sergeeva.MM@dgtru.ru*

### **SIZE AND WEIGHT CHARACTERISTICS OF MUSSELS FROM THE SUSPENSION PLANTATION OF SHIROKAYA BAY (SEA OF JAPAN) IN 2022**

There is an increased interest in the cultivation of mussels, this is due to simplicity and minimal costs. It is also an opportunity to solve a number of environmental problems, since it is possible to use them to form biofilter zones in water areas that are more prone to anthropogenic pollution. In the process of work, some features of the biology of the Pacific mussel cultivated on a suspended plantation were studied. Dimensional and mass compositions were analyzed. A comparative description of some biological indicators of the Pacific mussel grown in 2 different bays is given.

**Key words:** Pacific mussel, hanging plantation, size composition, mass composition, height-weight dependence, Shirokaya Bay.

В последнее время в России, в том числе и в Приморском крае, оживился интерес к аквакультуре. Мидии – это типичные представители двустворчатых моллюсков и популярный объект марикультуры [1]. Заросли водорослей, беспорядочное скопление железобетонных изделий улучшают условия размножения и роста моллюсков. Тихоокеанская мидия широко распространена в Японском, Охотском, Беринговом морях и вдоль тихоокеанского побережья Канады и США. Она образует плотные поселения на скальных выходах, валунах, пирсах, сваях, бухах, различных установках для культивирования моллюсков и водорослей, а также на днищах судов. Обитает при летней температуре морской воды ниже 16–17°C на глубинах от 1 до 10 м. Расселяется при помощи пелагической личинки [2].

Мидия – раздельнополый моллюск. Половозрелой она становится на первом году жизни. В Южном Приморье нерест обычно протекает в мае – августе, когда температура воды достигает 9–18°C. Высокие темпы роста мидий наблюдаются в первые три года жизни [3].

Благодаря способности образовывать массовые скопления в различных районах и чувствительности к условиям обитания, мидий часто используют для мониторинга окружающей среды. Мидии как биофильтраторы, пропуская через полости своего тела большие массы воды, принимают участие в процессах самоочищения водоемов, что определяет их существенную значимость при организации санитарной марикультуры [4].



Залив Находка – залив в восточной части залива Петра Великого (Японское море), расположенный между мысами Средним и Крылова. Включает в себя бухты Врангеля, Находка, Козьмина, Новицкого, Широкою и другие [5].

Цель работы – изучить некоторые черты биологии мидии тихоокеанской, культивируемой на подвесных плантациях в бух. Широкой и сравнить полученные данные с тихоокеанской мидией, выращиваемой на подвесных плантациях в бухте Алеут (Японское море) летом 2022 г.

Материал, положенный в основу работы, был собран в бух. Широкой (зал. Находка, Японское море) с подвесных плантаций по выращиванию мидии тихоокеанской.

Исходным материалом послужили двухгодовики мидии, собранные с подвесных веревочных коллекторов с 1 по 4 июня 2022 г. Для проведения биологического анализа моллюски были взяты с четырех коллекторов.

Был проведен биологический анализ 100 экземпляров тихоокеанской мидии. Для оценки общего биологического состояния использовались следующие показатели: высота раковины, общая масса мидии. Линейные размеры моллюсков определяли с помощью штангенциркуля, массу особей – взвешиванием на электронных весах с точностью до 1 г.

Данные по средним показателям тихоокеанской мидии бухты Алеут были взяты из дипломной работы студента.

В период исследования в бух. Широкой высота раковины двухгодовиков тихоокеанской мидии изменялась от 42 до 67 мм и в среднем составила  $(53,55 \pm 0,54)$  мм. Основу выборки составляли особи с высотой раковины 50–57 мм (61%). Доля особей с высотой раковины свыше 57 мм составила всего 15% (рис. 1).

Общая масса тихоокеанской мидии изменялась от 5 до 22 г и в среднем составляла  $(10,89 \pm 0,34)$  г. В выборке доминировали особи с общей массой от 8 до 13 г (59%). В достаточном количестве присутствовали мидии массой 5–7 г (21%) и 14–16 г (17%) (рис. 2).

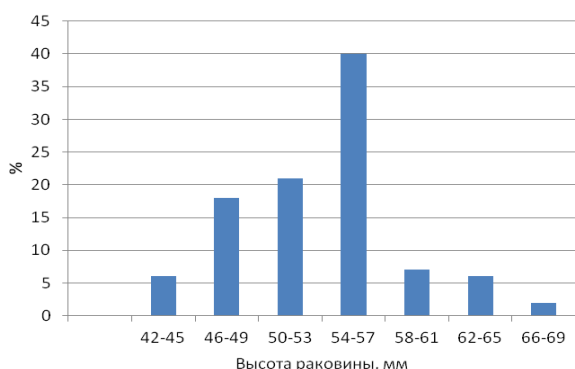


Рис. 1. Размерный состав тихоокеанской мидии на подвесной плантации бух. Широкой летом 2022 г.

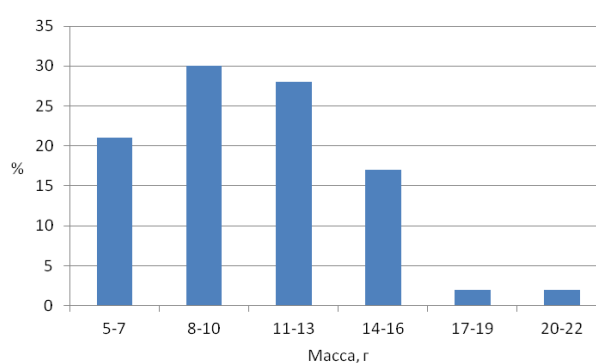


Рис. 2. Массовый состав тихоокеанской мидии на подвесной плантации бух. Широкой летом 2022 г.

Соотношение между высотой раковины и массой тихоокеанской мидии описывается степенным уравнением с высоким коэффициентом аппроксимации, что говорит о достоверности связи между этими показателями (рис. 3).

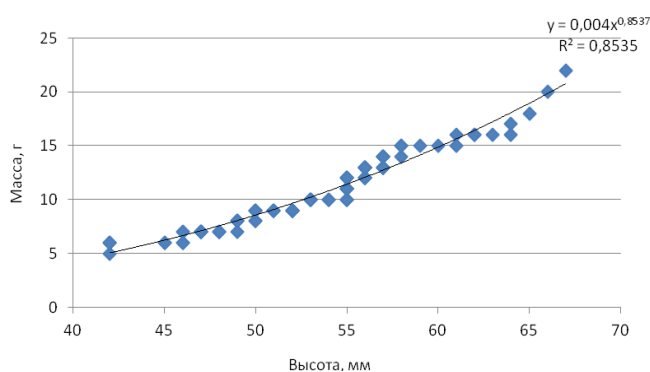


Рис. 3. Зависимость общая масса – высота раковины тихоокеанской мидии

1. В бухте Широкой высота раковины двухгодовиков тихоокеанской мидии изменялась от 42 до 67 мм и в среднем составила  $(53,55 \pm 0,54)$  мм. В бухте Алеут средние показатели высоты раковины составили  $(46,29 \pm 0,52)$  мм.

2. Общая масса двухгодовиков тихоокеанской мидии изменялась от 5 до 22 г, при среднем значении  $(10,89 \pm 0,34)$  г. В бухте Алеут средняя масса мидий составила  $(8,4 \pm 0,2)$  г.

3. Зависимость высота – масса тихоокеанской мидии описывается уравнением  $y = 0,004x^{0,8537}$   
 $R^2 = 0,8535$ .

Полученные данные добавляют сведения о некоторых биологических показателях тихоокеанской мидии, выращиваемой в искусственных условиях в бух. Широкой. Также при сравнении средних показателей длины и массы двухгодовиков тихоокеанской мидии двух различных бухт можно предположить, что в бухте Широкой условия для ее культивирования более благоприятные.

### Литература

1. Атлас промысловых беспозвоночных и водорослей морей Дальнего Востока России. – Владивосток: Аванте, 2001. – 192 с.

2. Личинки морских двустворчатых моллюсков и иглокожих / В.Л. Касьянов, Г.А. Крючкова, В.А. Куликова, Л.А. Медведева. – М.: Наука, 1983. – 215 с.

3. Биология гидробионтов морских и пресноводных вод юга Дальнего Востока. – Т. 123 – Владивосток: ТИНРО-центр, 1998. – 449 с.

4. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне / Е.И. Блинова, О.Ю. Вилкова, Д.М. Милютин, О.А. Пронина. – М.: ВНИРО, 2003. – 80 с.

5. Мануйлов В.А. Подводные ландшафты залива Петра Великого. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. – 168 с.

УДК 593.961.3

**В.Г. Степанов, Е.Г. Панина**

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

### **СХОДСТВО ФАУН ГОЛОТУРИЙ (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ**

В дальневосточных морях России обитает 113 видов голотурий, относящихся к семи отрядам, 21 семейству и 54 родам. По сходству фаун в дальневосточных морях выделяется две основные региональные группы: первая включает западную часть Охотского моря, Японское море, Южные Курилы и о-в Сахалин; вторая – Берингово море, побережья Западной и Юго-Восточной Камчатки и северных и средних Курильских о-вов. Фауна Курило-Камчатского желоба отличается от фаун других дальневосточных районов.

**Ключевые слова:** голотурии, Holothuroidea, дальневосточные моря, видовой состав, сходство фаун.

**В.Г. Степанов, Е.Г. Панина**

*Kamchatka branch of Pacific Institute of Geography FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000  
e-mail: vgstepanov@inbox.ru*

### **SIMILARITY OF THE FAUNA OF HOLOTHURIANS (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) IN THE FAR EASTERN SEAS OF RUSSIA**

The Far Eastern seas of Russia have about 113 species of holothurians belonging to seven orders, 21 families and 54 genera. The two main regional groups in the Far Eastern seas are distinguished by similarity of faunas: the first includes the western part of the Sea of Okhotsk, the Sea of Japan, the Southern Kuriles and Sakhalin Island; the second – the Bering Sea, the coasts of Western and South-Eastern Kamchatka and the northern and middle Kuril Islands. The fauna of the Kuril-Kamchatka Trench differs from the faunas of other Far Eastern regions.

**Key words:** holothurians, Holothuroidea, Far-Eastern seas, species composition, fauna similarity.

Был проведен анализ фаун голотурий из разных районов дальневосточных морей России, где обнаружено 113 видов голотурий, относящихся к семи отрядам, 21 семейству и 54 родам.

Вся акватория дальневосточных морей России была поделена нами на 13 географических зон (рис. 1).

Для выявления наиболее близких групп фаун в пределах исследуемой акватории нами был проведен сравнительный анализ видовых списков голотурий рассматриваемых районов. Рассчитанные коэффициенты видовой схожести Серенсена – Чекановского приведены в таблице.

На рис. 2 показано, что фауна голотурий Курило-Камчатского желоба (7) отличается от всех других районов дальневосточных морей. Это, несомненно, связано со специфическими условиями обитания в глубоководных желобах: большие глубины, высокое давление, наличие сероводорода, преимущественно мягкие грунты т. д., являющиеся ограничивающими факторами для распространения многих видов. Например, представители отряда дендрохиротид (сестонофаги) не могут в таких условиях существовать из-за илистых грунтов, на которых им трудно закрепиться на грунте, чтобы эффективно использовать пищевые ресурсы. В то же время температура и соленость в желобах более стабильны, чем на шельфе, что благоприятствует развитию видов, приспособленных к данным условиям. Мы уже отмечали ранее, что в Курило-Камчатском желобе отсутствуют представители голотурий из отрядов Dendrochirotrida и Synallactida, встречающиеся во всех других регионах дальневосточных морей (виды голотурий, входящие в эти отряды, в основном мелководные) [1].

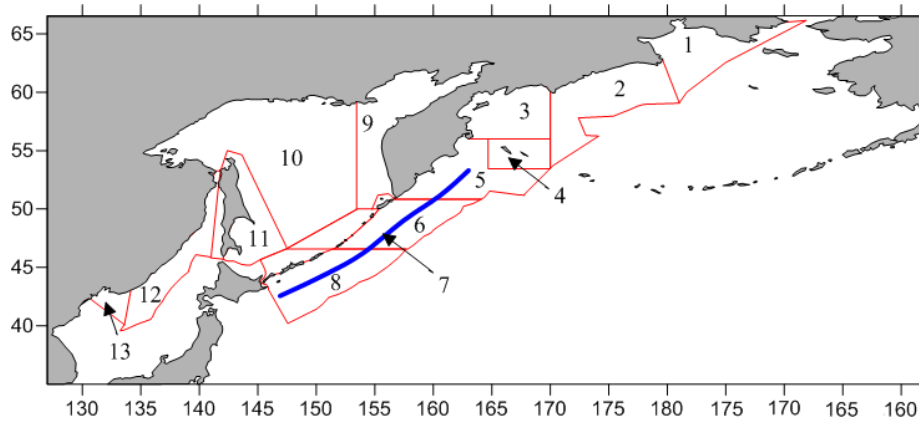


Рис. 1. Схема районирования дальневосточных морей России, принятая в данной работе:

- 1 – северо-западная часть Берингова моря (от Берингова пролива до мыса Наварин),  
 2 – Корякский шельф (от мыса Наварин до мыса Олюторский), 3 – юго-западная часть Берингова моря (заливы Олюторский, Корфа и Карагинский), 4 – Командорские о-ва (о. Беринга и о. Медный),  
 5 – юго-восточное побережье Камчатки (от мыса Африка до мыса Лопатка), 6 – северные и средние Курильские о-ва,  
 7 – Курило-Камчатский желоб, 8 – южные Курильские о-ва, 9 – побережье Западной Камчатки (восточная часть Охотского моря), 10 – западная часть Охотского моря, 11 – побережье о. Сахалин, 12 – континентальный шельф Японского моря (открытая часть), 13 – континентальный шельф Японского моря (кутовая часть)

**Коэффициенты сходства фауны голотурий дальневосточных морей России**

Район*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16												
2	0,67	18											
3	0,33	0,50	14										
4	0,40	0,67	0,67	15									
5	0,50	0,33	0,67	0,40	20								
6	0,44	0	0,29	0	0,67	20							
7	0	0	0	0	0	0	26						
8	0,55	0,44	0,22	0,25	0,18	0,17	0	36					
9	0,60	0,25	0,25	0,29	0,60	0,55	0	0,31	22				
10	0,20	0,25	0,25	0,29	0,20	0	0	0,15	0,33	16			
11	0,31	0	0,18	0	0,31	0,43	0	0,50	0,40	0,27	38		
12	0,20	0	0	0	0	0,36	0	0,31	0,33	0,17	0,40	25	
13	0,22	0,29	0,29	0,33	0,22	0	0	0,33	0,36	0,36	0,29	0,55	21

Примечание. По диагонали указано количество видов для каждого из районов. Снизу от диагонали приведены коэффициенты сходства Серенсена – Чекановского.

\* Обозначения районов как на рисунке 1

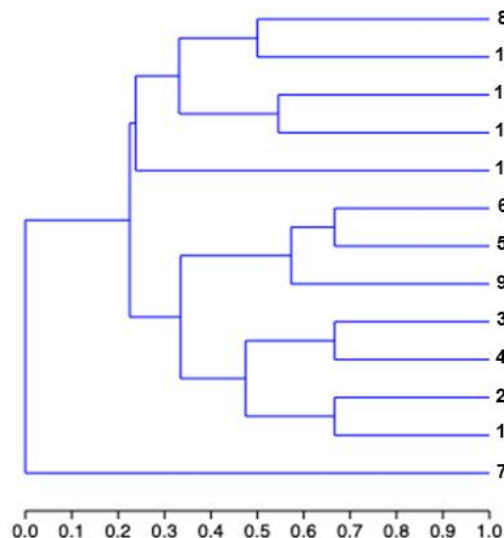


Рис. 2. Дендрограмма видового сходства фаун голотурий дальневосточных морей России

Оставшуюся фауну можно разделить на две группы.

Первая группа в свою очередь также делится на две – фауна западной части Охотского моря (10) и комплекс видов, относящихся к Японскому морю (12, 13) и Южным Курилам (8) и побережью о-ва Сахалин (11).

Вторая группа также подразделяется на две: 1) фауна голотурий Берингова моря с двумя подгруппами: северная часть – Анадырский залив и севернее до Берингова пролива (1) и Корякский шельф (2) и южная часть – Командорские о-ва (4) и Карагинский и Олиторский заливы (3); 2) побережье Западной (9) и Юго-Восточной Камчатки (5) и побережье северных и средних Курильских о-вов (6), причём фауна Юго-Восточной Камчатки и Курильских о-вов более схожа.

В заключение можно сказать, что по сходству фаун голотурий в дальневосточных морях выделяется две основные региональные группы: первая включает западную часть Охотского моря, Японское море, Южные Курилы и о-в Сахалин; вторая – Берингово море, побережья Западной и Юго-Восточной Камчатки и северных и средних Курильских о-вов. Фауна голотурий Курило-Камчатского желоба отличается от фаун других дальневосточных районов.

### Литература

1. Степанов В.Г., Панина Е.Г. Географическое распространение голотурий (Echinodermata: Holothuroidea) дальневосточных морей России // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XXIII Междунар. научн. конф., посвященной 130-летию со дня рождения одного из первых камчатских ученых-натуралистов, краеведа и педагога П.Т. Новограбленова. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2022. – С. 188–193.

УДК 595.3

**С.А. Судник, С.А. Бегунова**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru*

**МЕТОДИКА РАСШИРЕННОЙ МОРФОМЕТРИИ  
И НОВЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТЕПЕНИ  
ЗРЕЛОСТИ САМЦОВ КОЛЮЧЕГО РАКА *FAXONIUS LIMOSUS* (RAFINESQUE, 1817)  
(ASTACOIDEA: CAMBARIDAE)**

Разработаны оригинальные методики, необходимые для полноценного изучения биологии колючего рака *Faxonius limosus*: создания основы биометрического паспорта вида, оценки морфометрической популяционной изменчивости, анализа созревания самцов, их нерестовой активности. Первая – методика расширенного морфометрического анализа, включающая оценку 17 пластических признаков, выбранных после тщательного анализа современной литературы по данному вопросу. Вторая – методика определения репродуктивного состояния самцов вида: степени их зрелости по оценке первичных и вторичных половых признаков (стадии созревания семенников – по пятибалльной шкале и степени развития копуляторных придатков на плеоподах – по трехбалльной шкале.)

**Ключевые слова:** сигнальный рак, морфометрический анализ, методика, степень созревания, репродуктивное состояние, пластические признаки.

**S.A. Sudnik, S.A. Begunova**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru*

**THE METHOD OF EXTENDED MORPHOMETRY  
AND A NEW METHODOLOGICAL APPROACH IN DETERMINING  
THE DEGREE OF MATURITY OF MALE SPINY CRAYFISH *FAXONIUS LIMOSUS*  
(RAFINESQUE, 1817) (ASTACOIDEA: CAMBARIDAE)**

The original methods necessary for a full-fledged study of biology of spiny crayfish *Faxonius limosus* have been developed: creating the basis for a biometric passport of the species, assessing morphometric population variability, analyzing the maturation of males, their spawning activity. The first is the method of extended morphometric analysis, which includes an assessment of 17 plastic features selected after a thorough analysis of modern literature on the subject. The second is the method of determining the reproductive state of males of the species – the degree of their maturity according to the assessment of primary and secondary sexual characteristics (the stage of maturation of the testes – five-point scale, and the degree of development of copulatory appendages on the pleopods – on a three-point scale).

**Key words:** signal crayfish, morphological analysis, methodology, degree of maturation, reproductive state, plastic signs.

Речные раки играют важную роль в водных экосистемах: имеют широкий спектр питания, выполняя санитарные функции, ими питаются многие гидробионты. Они – ценные компоненты экспорта, биоиндикаторы качества воды, сырье для медицинских, лекарственных и других целей. Колючий рак (*Faxonius limosus*) – инвазионный вид, родом из Северной Америки. Будучи бентофагом-полифагом, рак играет важную роль в трофических сетях водоемов [1, 2].

В российской и зарубежной литературе особое внимание уделяется распространению вида [3], крайне мало встречено работ по его биологии, особенно по репродукции [4–6].

Исследователи биологии речных раков использовали сильно отличающуюся друг от друга методологию, терминологию [4, 7] что затрудняет сравнение результатов. Применение предлагаемых

в исследованиях методик, в основном полевого анализа, дает недостаточно информации для качественного изучения биологии вида, куда для составления биометрического паспорта вида, оценки его морфометрической популяционной изменчивости, анализа созревания самцов, их нерестовой активности должны входить соответствующие методики (методика морфометрии и шкала для оценки степени зрелости самцов), которых в готовом виде в публикациях не обнаружено.

Был проведен максимально расширенный поиск в ресурсах библиотек и Интернет-ресурсах всей доступной литературы, касающейся 1) изучения размерных показателей элементов экзоскелета тела колючего рака, других видов рода *Faxonius*, видов семейства Cambaridae Hobbs, 1942, видов речных раков инфраотряда Astacidea Latreille, 1802 – для создания методики расширенной морфометрии вида, позволяющей проводить популяционные анализы, адекватное обсуждение полученных результатов с данными российских и зарубежных исследователей; 2) изучения репродукции самцов данного вида и родственных ему видов речных раков – для создания базы методики определения степени зрелости самцов речных раков. Ранее целый ряд исследований характеризовали только географическое, батиметрическое распространение колючего рака и других речных раков, их экологию [3]. Другие, оценивая особенности биологии данного вида, других близких видов речных раков, из размерных признаков использовали только некоторые из морфологических признаков или неполный их комплект и совсем не анализировали созревание самцов [3–6]. Часто при исследованиях биологии речных раков авторами использовались полевые методики, не подразумевающие расширенной морфометрии и оценки развития и созревания репродуктивной системы самцов [7, 8].

Выполненный анализ литературы показал отсутствие в современный период готовой методики морфометрического анализа (для создания базы биометрического паспорта *F. limosus*) и готовой методики для детального анализа репродуктивной биологии самцов вида, включающей оценку их вторичных и первичных половых признаков.

В результате оценки различных отечественных и зарубежных методик биологического анализа особей колючего рака *Faxonius limosus*, близкородственных видов, комплексных лабораторных методик биологического анализа других видов высших раков (крыля, креветок и крабов) [9, 10], а также в результате своих исследований биологии вида *F. limosus* с водоемов Калининградской области нами составлена методика морфометрического анализа и методика определения степени зрелости самцов колючего рака *Faxonius limosus*, учитывающая данные по морфометрии и репродукции рака из ряда методик [7–10]. Материалом для изучения биологии *Faxonius limosus* послужили 33 пробы вида из 12 водоемов Калининградской области, собранные в 2018–2021 гг.

В состав созданной нами **методики морфометрического анализа** для *F. limosus* вошла оценка 17 пластических признаков (рис. 2). Методика включает измерение с помощью окуляр-микрометра бинокулярного микроскопа с точностью 0,01 мм, измерение общей (зоологической) длины ( $Lz$ ; от конца рострума до конца тельсона); промысловой длины ( $Lf$ ; от заднего края орбиты глаза до конца тельсона); длины карапакса ( $Lc$ ; от заднего края орбиты глаза до середины заднего края карапакса); длины карапакса вместе с рострумом ( $Lc2$ ; от конца рострума до середины заднего края карапакса); длины абдомена ( $La$ ; от конца карапакса до конца тельсона, по срединной линии); ширины карапакса ( $Wc$ ; измеряется по спинной стороне в самой широкой части головогруды); длины плеврита шестого сомита брюшка ( $L6$ ), ширины плеврита шестого сомита брюшка ( $W6$ ; измеряется в самой широкой части плеврита сомита абдомена 6, по срединной линии); измерение длины клешни ( $Lch$ ; от основания клешни до конца неподвижного пальца по внешнему боковому краю клешни, перпендикулярно срединной линии); измерение ширины ладони клешни ( $Wch.p$ ; измеряется по спинной стороне в самой широкой части ладони); измерение высоты ладони клешни ( $Hch.p$ ; измеряется по внешнему боковому краю ладони в самой высокой ее части); для оценки развития вторичных половых признаков у самцов вида проводится измерение структур плеоподов 1, видоизмененных в совокупительные придатки: общая длина гонопода ( $Lg$ ; от дистального конца эндоподита (внутренняя ветвь плеопода 1) до основания гонопода); ширина основания гоноподов ( $Wb$ ; в самой широкой части основания гоноподов); ширина экзоподита (внешней ветви плеопода 1) ( $Wex$ ; в самой широкой части экзоподита с дорзальной стороны гоноподов); длина эндоподита ( $Len$ ; от его основания до дистального конца); ширина эндоподита ( $Wen$ ; в самой широкой части с вентральной стороны); ширина протоподита ( $Wp$ ; в самой широкой части с дорзальной стороны) (рис. 1).

В состав созданной нами методики определения степени созревания самцов колчаго речного рака вошла оценка их первичных (стадия созревания гонад (семенников) – по пяти-балльной шкале) и вторичных (степень развития совокупительных придатков на плеоподах 1) половых признаков (по 5-балльной шкале) (таблица, рис. 1).

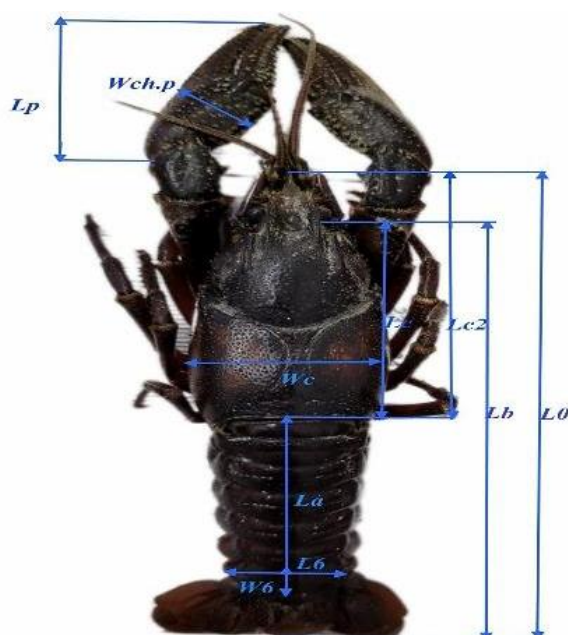


Рис. 1. Схема морфометрии *Faxonius limosus*: Lz – зоологическая длина; Lf – промысловая длина; Lc – длина карапакса; Lc – длина карапакса вместе с рострумом; La – длина абдомена; Wc – ширина карапакса; L6 – длина плеврита шестого сомита брюшка; W6 – ширина плеврита шестого сомита брюшка; Lch – длина клешни; Wch.p – ширина ладони клешни; Hch.p – высота ладони клешни [ориг.]

#### Шкала для оценки репродуктивного состояния самцов рака *Faxonius limosus*

Оценка первичных половых признаков (семенников)		Оценка вторичных половых признаков (копуляторных придатков на плеоподах 1)					
степень созревания		характеристика морфологии		степень развития		характеристика морфологии	
стадия I	неразвитые семенники	семенники не различимы невооруженным глазом и при увеличении бинокулярного микроскопа ×10		стадия 1	неразвитые (как у ювенильных особей) (рис. 2)	протоподиты плеоподов 1 неширокие, не сближены друг к другу по центральной оси; экзоподиты и эндоподиты полупрозрачные тонкие, мягкие, не изогнуты в сторону экзоподитов	
стадия II	семенники в начале развития	семенники не различимы невооруженным глазом, но различимы при увеличении ×20 как извитые или мало извитые парные трубчатые органы белесоватого цвета, занимающие в головогрудь по длине 10–20% от длины карапакса		стадия 2	в начале развития (рис. 2)	протоподиты плеоподов 1 более широкие, более сближены друг к другу по центральной оси; экзоподиты более развиты по длине и ширине, эндоподиты более длинные, по сравнению со стадией 1; эндоподиты слабо изогнуты в сторону экзоподитов	
стадия III	созревающие семенники	семенники различимы невооруженным глазом; имеют вид слабо или средне извитых парных трубчатых органов молочного или нежно-розового цвета, занимают в головогрудь по длине около 20% от длины карапакса					



Оценка первичных половых признаков (семенников)		Оценка вторичных половых признаков (копуляторных придатков на плеоподах 1)			
степень созревания		характеристика морфологии	степень развития		характеристика морфологии
стадия IV	предзрелые семенники	семенники хорошо различимы; имеют вид хорошо извитых парных трубчатых органов молочного или розового цвета; занимают в головогрудь по длине около 30% от длины карапакса	стадия 3	среднеразвитые и развитые (рис. 2)	протоподиты плеоподов 1 максимально широкие, полностью сближены по центральной оси; экзоподиты максимально развиты по длине и ширине; эндоподиты максимально развиты по длине и ширине, максимально изогнуты в сторону экзоподитов
стадия V	зрелые семенники	семенники максимально развитые, извитые, молочного или грязно-розового цвета, занимают в головогрудь по длине 30–45% от длины карапакса			

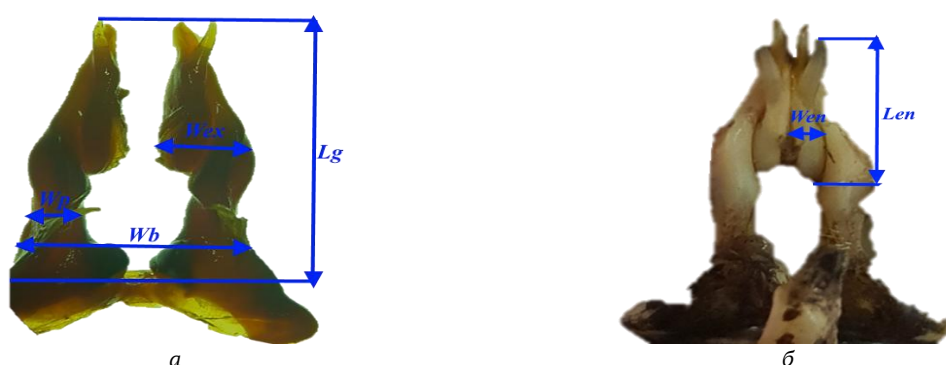


Рис. 2. Схема морфометрии плеоподов 1 (а – вид дорсально; б – вид вентрально):  
 Lg – общая длина гонопода; Wb – ширина основания гонопода; Wex – ширина экзоподита;  
 Len – длина эндоподита; Wep – ширина эндоподита; Wp – ширина протоподита [ориг.]

Представленные выше методики способствуют полноценному изучению биологии речных раков, анализу популяционной изменчивости по морфологическим показателям, оценке особенностей созревания самцов, их нерестовой активности, с выходом на размер полового созревания особей – также важного при популяционных исследованиях.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Института рыболовства и аквакультуры за помощь в сборе материала.

### Литература

1. Aldridge D. Spinycheek crayfish, *Orconectes limosus* // GB Non-native species secretariat. – 2011.
2. Füred L. Indigenous crayfish habitat and threats // Atlas of Crayfish in Europe. – 2006. – P. 25–48.
3. Alekhnovich A., Buřič M. Invasive Alien Species Fact Sheet // Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/o/orconectes-limosus/orconectes-limosus.pdf> (дата обращения: 11.05.2022).
4. Holdich D., Black J. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK // Aquatic Invasions. – 2007. – Vol. 2. – P. 1–15.
5. Szaniawska A., Normant M. Morphometric characters of the freshwater American crayfish, *Orconectes limosus* Raf., from the Vistula lagoon (Poland). – 2005. – P. 195–207.
6. Chybowski L. Morphometrics, fecundity, density, and feeding intensity of the spinycheek crayfish // Archives of Pough fisheries. – 2007. – Vol. 15, № 3. – P. 175–241.

7. Berber S.A. Study on the relationships between some morphological and reproductive traits of the turkish crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Crustacea: Decapoda) // Reviews in Fisheries Science. – 2010. – Vol. 18, № 1. – P. 131–137.

8. Holdich D., Black J. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK // Aquatic Invasions. – 2007. – Vol. 2. – P. 1–15.

9. Пособие по изучению промысловых дальневосточных морей России / С.А. Низяев, С.Д. Букин, А.К. Букин [и др.]. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. – 116 с.

10. Судник С.А., Поддубева Е.А. Биология крабов *Luphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Южно-Китайского моря // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2019. – № 52. – С. 43–59.

УДК 595.36:574.583(269)"2020"

**С.А. Судник, А.Д. Колесникова**

Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

**РАЗМЕРНО-ПОЛОВОЙ И ВЕСОВОЙ СОСТАВ ОСОБЕЙ  
АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ *EUPHAUSIA SUPERBA* (DANA, 1850)  
(EUPHAUSIACEA: EUPHAUSIIDAE) ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ ЮЖНОГО ОКЕАНА В 2020 ГОДУ**

Получены новые данные о размерно-половом и весовом составе особей антарктического криля *Euphausia superba* из моря Уэдделла и пролива Брансфилд. Соотношение полов в пробах варьировало (от существенного преобладания ювенильных особей до некоторого доминирования самок); длина тела ювенилов составила 13,6–30,8 мм; самцов – 27,0–50,2 мм, самок – 27,1–47,3 мм, средние размеры разнополых особей разных проб не различались; масса тела особей криля составила 0,02–1,2 г, средние значения массы самцов и самок в пробах не различались, впервые для данных районов описана размерно-весовая зависимость.

**Ключевые слова:** антарктический криль, море Уэдделла, пролив Брансфилд, половой состав, размеры, масса тела.

**S.A. Sudnik, A.D. Kolesnikova**

Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

**SIZE, SEX AND WEIGHT COMPOSITION OF ANTARCTIC KRILL  
*EUPHAUSIA SUPERBA* (DANA, 1850) (EUPHAUSIACEA: EUPHAUSIIDAE)  
FROM TWO AREAS OF THE SOUTHERN OCEAN IN 2020**

New data on the size-sex and weight composition of Antarctic krill *Euphausia superba* from the Weddell Sea and Bransfield Strait were obtained. The sex ratio in the samples varied (from a significant predominance of juveniles to some dominance of females); juvenile body length was 13.6–30.8 mm; males – 27.0–50.2 mm, females – 27.1–47.3 mm; average sizes of different-sex individuals did not differ between samples; body weight of krill was 0.02–1.2 g, average values of weight of males and females in the samples did not differ; for the first time for the species *E. superba* of these regions the size-weight dependence was described.

**Key words:** Antarctic krill, Weddell Sea, Bransfield Strait, sex composition, size, body weight.

Антарктический криль *Euphausia superba* (Dana, 1850) – самый массовый пелагический вид (глубины до 600 м) из отряда зуфаузиевых ракообразных, достигающий размеров около 6 см. Распространен циркумполярно. Биомасса криля огромна – оценивается в 30 млн т. Этот фитопланктофаг – главное звено пищевой цепи вод Антарктики: им питаются многие рыбы, пингвины, морские птицы, ластоногие и усатые киты [1, 2]. Промысел криля активно осуществляют страны – члены АНТКОМ, ежегодный вылов может достигать 500 тыс. т. *E. superba* – ценнейшее сырье для пищевой промышленности, биотехнологии, фармакологии, аквакультуры [2]. Биология криля как важного объекта промысла изучается многосторонне [3–7], наши исследования, осуществляемые по оригинальной комплексной методике лабораторного анализа [8], являются важными мониторинговыми для криля – ценного промыслового объекта. *Цель работы* – изучение размерно-полового, весового состава особей *E. superba*, собранных в двух районах Южного океана в 2020 г.

Материалом послужили 500 особей *Euphausia superba*, собранных сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова (г. Москва) в море Уэдделла во время 79-й экспедиции НИС «Академик Мстислав Келдыш» в январе – феврале 2020 г. (подробности сбора материала – в табл. 1).

Материал для исследования биологии криля *Euphausia superba*, 2020 г.

Дата	Место сбора	Координаты сбора проб	Глубина, м	Орудие сбора	№ особей, экз.	Сборщики	Фиксация
21.01	пролив Брансфилд	62°36'05" ю. ш. 59°30'16" з. д.	223	сеть Бонго	60	Сотрудники Института океанологии им. Ширшова (г. Москва): В.А. Спиридонов, А.К. Залота, В.А. Яковенко, К.М. Горбатенко	4%-ный раствор формалина
31.01	море Уэдделла	61°45'15" ю. ш. 48°46'23" з. д.	265	сеть Джели	187		
28.01	пролив Брансфилд	60°59'21" ю. ш. 50°00'86" з. д.	269	трал Айзекса – Кидда	107		6%-ный раствор формалина
01.02	море Уэдделла	62°20'52" ю. ш. 53°13'44" з. д.	216		146		

Исследования осуществлялись с применением оригинальной методики комплексного лабораторного анализа криля [8]. Размеры оценивались с точностью 0,1 мм: общая длина тела (ДТ) – от переднего края глазных орбит до конца тельсона без терминального шипика; длина карапакса (ДК) – от заднего края глазных орбит до середины заднего края карапакса. Определение влажной массы тела особи проводилось с помощью электронных весов с точностью 0,01 г. Идентификация пола особи – по первичным (тип гонад) и вторичным (совокупительные придатки) половым признакам.

В целом среди исследованных 500 рачков отмечено сильное доминирование ювенильных особей, их в 1,5 раза больше, чем самок, и в два раза больше, чем самцов.

В пробах соотношение полов варьировало (табл. 2). В одной пробе из пролива Брансфилд количественно сильно преобладали ювенилы (в 8 раз) – как над самками, так и над самцами; во второй пробе, собранной здесь через 10 дней, доля ювенилов была ниже в два раза, соответственно увеличилась доля самцов и особенно самок в 2–4 раза. Минимальное количество ювенилов отмечено в пробе конца января из моря Уэдделла, остальную часть пробы, примерно в равных долях, составили самцы и самки. Уже через три дня ювенилы в пробе с моря начали сильно доминировать, снизив долю самок и особенно самцов в 4–8 раз. Если говорить о соотношении в пробах самцов и самок, то в половине проб оно было почти равным, а в других наблюдалось двукратное преобладание самок.

Таблица 2

Соотношение полов, *Euphausia superba*, пролив Брансфилд, море Уэдделла, 2020 г.

Дата	Место сбора	Ювенильные особи, %	Самцы, %	Самки, %
21.01	Пролив Брансфилд	80	10	10
31.01		36	21	43
28.01	Море Уэдделла	16	41	43
01.02		84	5	11

По данным других авторов, в пробах *E. superba* из пролива Брансфилд ранее, в 2014 г. (табл. 3), но в тот же сезон, как и по нашим данным, наблюдалось большое количество ювенилов. Их численность двукратно преобладала над численностью самок и самцов (между последними соотношение полов было близко к равному) [4]. В пробах за февраль 2016 г. из вод у островов Мордвина и Жуэнвилль соотношение самок и самцов было 2 : 1. Это обстоятельство было отмечено и нами для конца января – начала февраля [5]. В восточных антарктических поселениях криля (у Южных Шетландских островов) в конце января 2020 г. численно доминировали ювенилы, при этом количество самок пятикратно преобладало над таковых самцов [6]. Чуть позже (начало февраля 2020 г.) здесь же наблюдалось уменьшение доли ювенилов и увеличение доли самок и самцов (самцы доминировали) [7] (табл. 3). Высокая доля ювенильных особей криля в уловах середины лета (январь – начало февраля) из разных поселений в Южной Атлантике должна свидетельствовать о недавнем массовом нересте самок криля в этих водах [9].

Таблица 3

Соотношение полов в разных поселениях *Euphausia superba*, Южный океан

Район, глубинная зона	Дата	Соотношение полов, %			Источник
		ювенилы	самцы	самки	
Пролив Брансфилд, 180 м	07.02.2014	58	20	22	[4]
У о. Мордвина (Южные Шетландские о-ва) и о. Жуэвиль (архипелаг Жуэвиль), 200 м	04.02.2016	34	21	45	[5]
У Южных Шетландских островов, 220 м	23.01.2020	51	8	41	[6]
	02.02.2020	22	52	26	[7]

Общая длина тела (ДТ) особей криля составила 13,6–50,2 мм, при длине карапакса (ДК) 3,1–19,0 мм (табл. 4). В целом размеры тела ювенилов составили 13,6–30,8 мм; самцов – 27,0–50,2 мм, самок – 27,1–47,3 мм (табл. 4). Самые крупные самцы (до 50,2 мм) и самки (до 47,3 мм) встречены в пробе 28 января 2020 г. из моря Уэдделла. Анализ размерного состава криля показал доминирование среднеразмерных особей, как ювенильных (ДТ 22–24 мм), так и самцов и самок (35–40 мм и 33–36 мм соответственно). Средние размеры особей разных полов из четырех проб как по ДТ, так и по ДК не отличались.

Таблица 4

Размерный состав криля *Euphausia superba*, Южный океан, 2020 г.  
(д – диапазон; ср – среднее значение; со – стандартное отклонение)

Дата	ювенильные особи				самцы				самки			
	ДТ, мм		ДК, мм		ДТ, мм		ДК, мм		ДТ, мм		ДК, мм	
	д	ср ± со	д	ср ± со	д	ср ± со	д	ср ± со	д	ср ± со	д	ср ± со
21.01	16,9– 28,1	22,7 ± 3,1	3,7– 10,8	7,2 ± 1,6	28,3– 38,0	30,9 ± 3,6	11,8– 14,4	12,2 ± 1,0	31,0– 37,5	33,8 ± 2,5	10,1– 14,7	12,9 ± 1,4
28.01	16,3– 30,1	24,2 ± 3,8	4,7– 9,5	7,8 ± 1,1	27,0– 50,2	38,1 ± 5,8	8,1– 19,0	11,6 ± 2,2	28,3– 47,3	37,3 ± 4,7	8,4– 19,0	12,6 ± 2,2
31.01	13,6– 27,1	19,7 ± 3,9	3,1– 17,2	6,7 ± 1,6	28,1– 46,1	32,5 ± 4,1	7,0– 15,3	11,0 ± 2,0	27,1– 40,9	33,6 ± 3,5	8,4– 15,2	12,5 ± 2,1
01.02	13,6– 30,8	20,7 ± 4,5	3,1– 10,1	6,2 ± 1,5	28,1– 38,0	32,2 ± 4,0	7,0– 14,4	9,9 ± 2,5	27,1– 37,5	32,5 ± 3,1	8,4– 14,7	11,5 ± 2,3

Размерный состав криля из проб пролива Брансфилд и моря Уэдделла представлен на рис. 1. Среди ювенилов в двух районах доминировали особи с длиной тела 20–24 мм (суммарная доля – 20–41%), доля более крупных из них (25–31 мм) была ниже (7–17%). До 5–23% самцов в пробах каждого района сборов имели длину менее 39 мм; на долю крупных (40–51 мм) пришлось меньшее количество особей: в пробах с моря Уэдделла – не более 14%. Размерный состав самок тоже показал преобладание мелких особей (до 39 мм) в пробах этих районов (табл. 4). При этом в пробе из моря Уэдделла были отмечены самые крупные самцы и самки (до 50,2 и 47,3 мм соответственно).

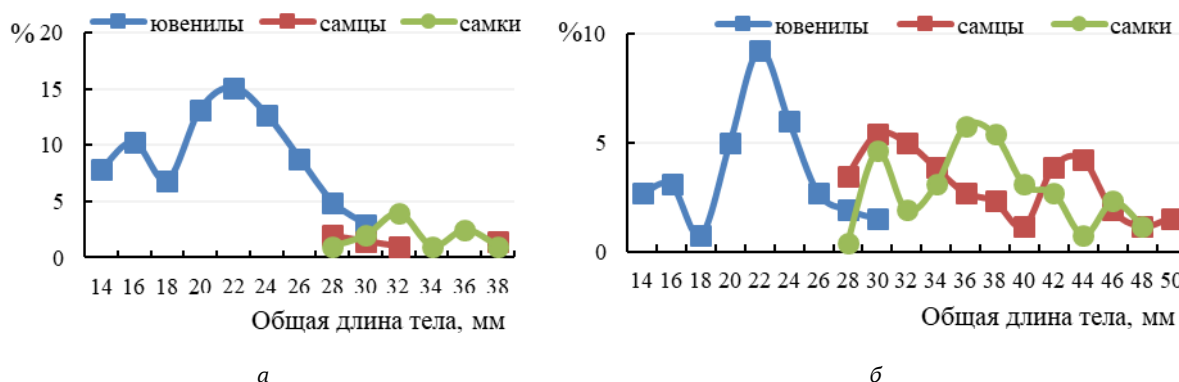


Рис. 1. Размеры криля *Euphausia superba*, 2020 г.: а – пролив Брансфилд (21 и 31 января); б – море Уэдделла (28 января, 1 февраля)

Сравнение размеров крыля *E. superba* из разных частей ареала в Южной Атлантике (табл. 5) показало: максимальные размеры (ДТ) ювенилов были достаточно близки; самые крупные самцы встречены в море Уэдделла (50,2 мм) в 2020 г., самки – в проливе Брансфилд в 2014 г. (49 мм). Среди самцов из пролива Брансфилд в 2020 г. преобладали особи с достоверно меньшей длиной тела, чем из других районов. Здесь же доминировали самки меньших размеров. В 2014 г. в проливе Брансфилд преобладали достоверно более крупные самки и самцы [4].

Таблица 5

Размеры крыля *Euphausia superba* в разных частях ареала, 2014–2020 гг.

Водоем	Общая длина тела, мм						Источник
	диапазон			среднее ± стандартное отклонение			
	ювенилы	самцы	самки	ювенилы	самцы	самки	
Пролив Брансфилд	13,6–28	28,1–46	27,1–40,9	21,3 ± 2,5	32,2 ± 2,1	33,7 ± 2,3	наши данные
Море Уэдделла	13,6–30	27,2–50,2	27,1–47	21,4 ± 3,6	37,6 ± 2,8	36,6 ± 4,4	
Пролив Брансфилд	26–31	35–45	38–49	29 ± 0,5	41 ± 0,7	44 ± 0,6	[4]
Острова Мордвинова, Жуэвиль	25–30	34–43	36–47	28 ± 1,0	39 ± 0,9	42 ± 1,2	[5]
Южные Шетландские острова	25–31	32–39	36–43	28 ± 0,9	36 ± 0,8	40 ± 1,0	[6]
	20–32	30–41	35–45	27 ± 1,1	36 ± 1,2	40 ± 1,1	[7]

В целом индивидуальная масса тела особей *E. superba* из проб пролива Брансфилд и моря Уэдделла в 2020 г. составила 0,02–1,2 г (для ювенильных особей – 0,02–0,39 г, самцов – 0,18–1,2 г, самок – 0,18–1,04 г) (табл. 6). Максимальная масса самцов и самок крыля разных проб была близкой. Средние значения массы самцов и самок в пробах не отличались.

Таблица 6

Масса тела крыля (г) *Euphausia superba*, 2020 г.  
(д – диапазон; ср – среднее значение; со – стандартное отклонение)

Дата	Ювенильные особи			Самцы			Самки		
	д	ср ± со	ДТ, мм	д	ср ± со	ДТ, мм	д	ср ± со	ДТ, мм
Пролив Брансфилд	0,02–0,28	0,24 ± 0,07	13,6–28	0,18–0,99	0,33 ± 0,09	28,1–46	0,22–1,04	0,40 ± 0,07	27,1–40,9
Море Уэдделла	0,02–0,39	0,23 ± 0,06	13,6–30	0,2–1,2	0,29 ± 0,09	27,2–50	0,22–0,46	0,30 ± 0,05	27,1–47,0

Анализ размерно-весовой зависимости, выполненный для *E. superba* из моря Уэдделла и пролива Брансфилд впервые, показал достоверную связь длины и массы тела (рис. 2). Обнаружена положительная аллометрия массы тела особей относительно их длины.

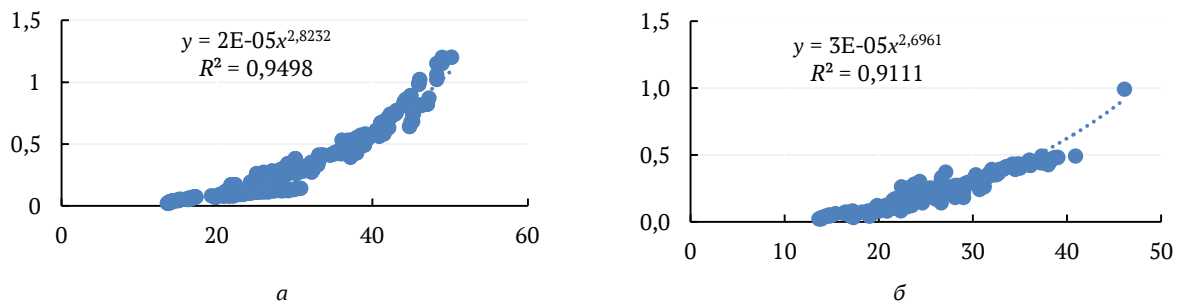


Рис. 2. Размерно-весовая зависимость у крыля *Euphausia superba*, 2020 г.: а – море Уэдделла; б – пролив Брансфилд

Сравнение наших данных по массе тела крыля с данными из разных частей ареала в Южной Атлантике (табл. 7) показало: ювенилы с наименьшей массой преобладали в пробах за 2014 г. из пролива Брансфилд, при этом их размеры были самыми крупными. Самцы из пролива Брансфилд (2014 г) отличались большей массой, в сравнении с таковой у особей вод Южных Шетландских

островов. Здесь же среди самок доминировали особи с большей, чем в других частях ареала, массой, что соответствовало их более крупным размерам. Масса самок из района Южных Шетландских островов была несколько больше, чем у особей из моря Уэдделла, также при более крупных размерах.

Таблица 7

Масса тела криля *Euphausia superba* в разных частях ареала

Водоем	Масса особи			Общая длина тела, мм			Источник
	среднее ± со			среднее ± со			
	ювенилы	самцы	самки	ювенилы	самцы	самки	
Пролив Брансфилд	0,24 ± 0,07	0,33 ± 0,09	0,40 ± 0,07	21,3 ± 2,5	32,2 ± 2,1	33,7 ± 2,3	Наши данные
Море Уэдделла	0,23 ± 0,06	0,29 ± 0,09	0,30 ± 0,05	21,4 ± 3,6	37,6 ± 2,8	36,6 ± 4,4	
Пролив Брансфилд	0,18 ± 0,008	0,36 ± 0,007	0,50 ± 0,006	29 ± 0,5	41 ± 0,7	44 ± 0,6	[2]
Южные Шетландские острова	0,23 ± 0,008	0,34 ± 0,006	0,42 ± 0,009	28 ± 1,0	39 ± 0,9	42 ± 1,2	[7]

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Института океанологии им. П.П. Ширшова за переданный материал.

### Литература

1. Антарктический криль. Перспективы возобновления промысла и переработки [Электронный ресурс]. – URL: <http://atlant.vniro.ru/index.php/novosti2/item/557-antarkticheskij-kril-perspektivy-vozobnovleniya-rossijskogo-promysla-i-pererabotki> (дата обращения: 5.02.2023)
2. Антарктический криль: Справочник / Под ред. Быковой В. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 207 с.
3. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Результаты работы РКТС «Море Содружества» на промысле антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики и его биологическое состояние в зимний сезон 2014 г. // Украинский антарктический журнал. – 2014. – № 13. – С. 140–158.
4. Сологуб Д.О. Современные особенности распределения, биологии и горизонтальных миграций антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики. – М., 2016. – 247 с.
5. Состав популяции и транспорт молодежи антарктического криля в районе бассейна Пауэлла / В.А. Спиридонов, А.К. Золота, В.А. Яковенко, К.М. Горбатенко // Труды ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО, 2020. – С. 33–47.
6. Сытов А.М., Козлов Д.А. Размерный состав и биологическая характеристика антарктического криля // Труды АтлантНИРО. – Калининград, 2021. – Т. 5, № 2. – С. 101–115.
7. Судник С.А., Колесникова А.Д. Комплексная методика лабораторного анализа криля *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) // Актуальные проблемы зоологии России и сопредельных территорий: Сборник Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной памяти профессора Вадима Викторовича Золотухина. – У.: Изд-во «УГПУ им. И.Н. Ульянова», 2022. – С. 225–233.
8. Ломакина Н.Б. Эвфаузииды Мирового океана. – Л.: Наука, 1978. – 222 с.
9. Siegel V., Watkins J.L. Distribution, biomass and demography of Antarctic krill, *Euphausia superba* // Advances in Polar Ecology. – Vol. 1. Biology and ecology of Antarctic krill / Siegel V. (ed.). – 2015. – P. 21–100.

УДК (593.9+594.1):574.587(265.54)

**И.С. Турабжанова, И.Ю. Сухин**

*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),  
Владивосток, 690091  
e-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru*

### **РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА И ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА В ПРОЛИВЕ СТАРКА ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Изучено состояние поселений дальневосточного трепанга и приморского гребешка на участке в юго-восточной части пролива Старка (Японское море) в 2019–2022 гг. Прохождение в 2020 г. тайфуна «Майсак» оказало существенное влияние на донные сообщества. Численность трепанга на участке в 2021 г. по сравнению с 2019 г. снизилась в 37 раз – до 1,6 тыс. экз. Восстановление поселения идет низкими темпами, в 2022 г. численность трепанга достигла 2,1 тыс. экз. Одной из причин незначительного роста численности этого объекта являются нестабильные гидролого-климатические условия в период размножения. Численность поселения гребешка на участке после прохождения тайфуна также существенно уменьшилась – до 0,89 тыс. особей в 2021 г. Однако уже в 2022 г. она возросла до 32,95 тыс. особей. Наиболее вероятной причиной этого является миграция моллюсков с прилегающих акваторий, где в силу большей глубины и отдаленности от берега влияние тайфуна сказалось слабее.

**Ключевые слова:** мониторинг, приморский гребешок, дальневосточный трепанг, распределение, численность.

**I.S. Turabzhanova, I.Y. Sukhin**

*Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO),  
Vladivostok, 690091  
e-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru*

### **RESULTS OF MONITORING THE STATE OF FAR EASTERN SEA CUCUMBER AND PRIMORSKY SCALLOP SETTLEMENTS IN STARK STRAIT OF THE SEA OF JAPAN**

The state of settlements of Far Eastern sea cucumber and Japanese scallop in the area in the southeastern part of Stark Strait (Sea of Japan) in 2019–2022 was studied. The passage of Typhoon Maysak in 2020 had a significant impact on benthic communities. The number of Far Eastern sea cucumber on the site in 2021 compared to 2019 decreased by 37 times – up to 1.6 thousand specimens. The restoration of the settlement is proceeding at a slow pace; in 2022, the number of Far Eastern sea cucumber reached 2.1 thousand specimens. One of the reasons for the insignificant increase in the abundance of this object is unstable hydrological and climatic conditions during the breeding season, in particular, the passage of Typhoon Maysak. The number of scallop settlements in the area after the passage of the typhoon also significantly decreased – to 0.89 thousand individuals in 2021. However, already in 2022 it increased to 32.95 thousand individuals. The most likely reason for this is the migration of mollusks to favorable biotopes within the boundaries of the surveyed area from adjacent water areas, where, due to the greater depth and remoteness from the coast, the effect of the typhoon was weaker.

**Key words:** monitoring, Japanese scallop, Japanese sea cucumber, distribution, abundance.

Мониторинг структуры поселения, численности и распределения животных имеет большое значение для понимания процессов, происходящих в поселениях донных гидробионтов. В качестве полигона для проведения регулярных исследований нами использовалась акватория в проливе Старка у о. Попова, которая закреплена за ТИНРО как участок марикультуры.

Дальневосточный трепанг и приморский гребешок являются наиболее ценными гидробионтами, обитающими на рассматриваемом участке. Для них характерны различный тип питания



и образ жизни. Трепанг относится к детритофагам, а приморский гребешок – фильтратор. При их совместном культивировании эти виды дополняют друг друга. Трепанг использует в пищу вещества, выделяемые гребешком.

Целью работы являлись оценка влияния тайфуна «Майсак» на поселения дальневосточного трепанга и приморского гребешка и изучение процесса их восстановления.

Обследование поселений гидробионтов в 2019–2022 гг. проводили общепринятым водолазным гидробиологическим методом. Методика сбора стандартная, используемая при ресурсных исследованиях [1]. Расстояние между разрезами в зависимости от рельефа дна и характера распределения беспозвоночных и водорослей составляло от 100 до 300 м, расстояние между станциями на разрезе – не более 50 м. Позиционирование осуществляли с помощью спутникового навигатора «Garmin GPS 76», глубину определяли с помощью эхолота. Обследование поселений гидробионтов проводилось по единой сетке станций. На каждой станции определяли глубину, тип грунта, плотность распределения гидробионтов, отбирали пробы макробентоса. Измерения гидробионтов производили с помощью штангенциркуля, с точностью до 1 мм, массу определяли с помощью электронных весов, с точностью до 1 г. Всего проанализировано 99 особей трепанга и 183 особи гребешка. Статистическая обработка данных проводилась с использованием инструментов Microsoft Office Excel.

У берегов Приморья обычное место обитания молодых голотурий – пласты анфельции, предоставляющие молодым животным как пищу в виде накапливающейся здесь осажденной взвеси, так и убежища в виде густо переплетенных дерновин анфельции [2]. На обследованном участке располагается периферическая часть поля анфельции, плотность распределения молоди трепанга на которой в 2019 г. достигала 6,0 экз/м<sup>2</sup>.

За пределами поля рекруты и взрослые особи встречаются преимущественно единично (обнаруживается не более 1–2 экз. на водолазной станции). В прибрежье Приморья взрослые животные предпочитают твердые скалистые грунты, каменистые россыпи, заросли zostеры с чередованием песчаных и песчано-илистых площадок [3].

В 2019 г. поле анфельции занимало значительную часть участка на глубинах 12–15 м (рис. 1, а).

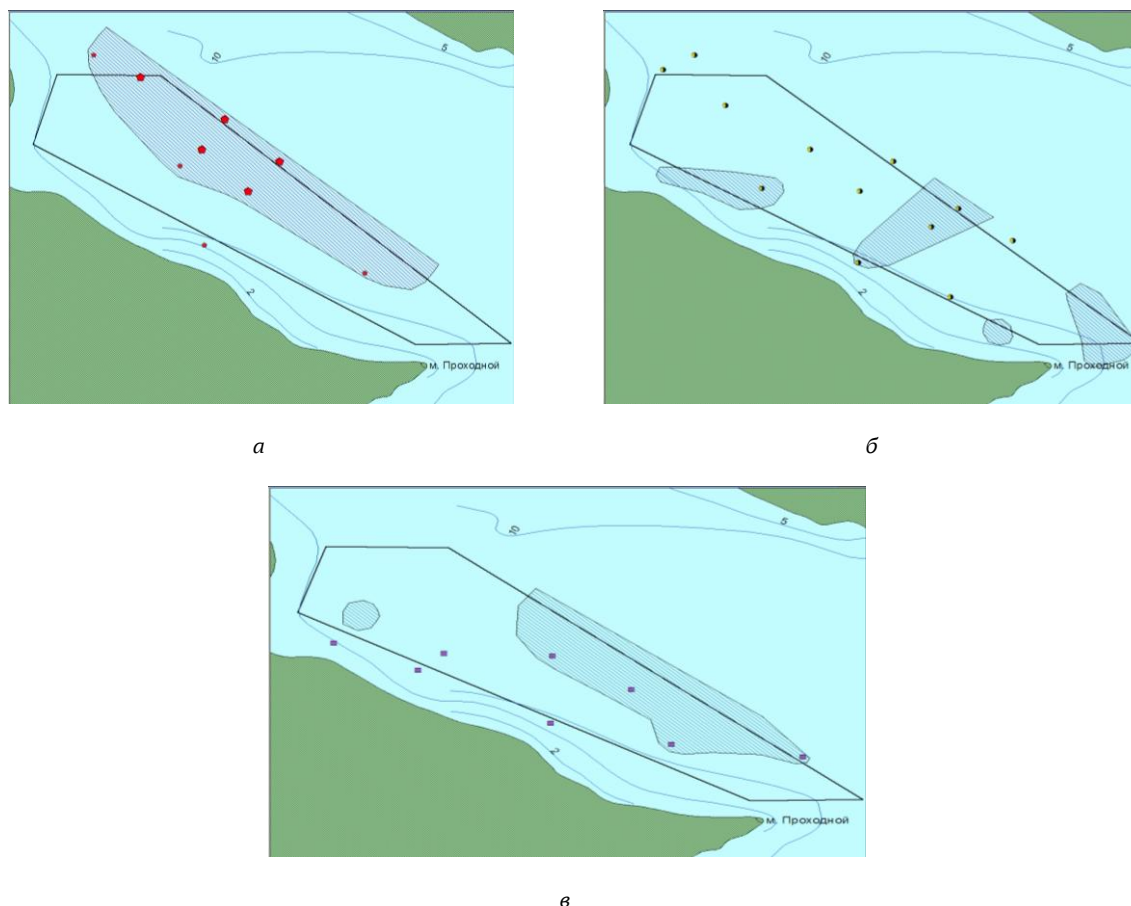


Рис. 1. Встречаемость трепанга дальневосточного и положение поля анфельции в 2019 (а), 2021 (б) и в 2022 (в) годах

Съемка, проведенная в 2021 г., показала, что после прохождения тайфуна «Майсак» часть поля анфельции, находящаяся в границах изучаемого участка, фрагментирована (рис. 1, б), а площадь, занимаемая анфельцией, значительно уменьшилась, что негативно сказалось на численности молоди трепанга в границах участка.

В 2022 г. структура поля анфельции начала восстанавливаться (рис. 1, в). Предполагается, что в ближайшие годы конфигурация поля анфельции в районе исследования восстановится, и пополнение поселения трепанга молодью будет возрастать.

Массовые структуры поселения трепанга представлены на рис. 2. В 2019 г. средняя масса голотурий составляла 39,87 г, наиболее многочисленную группу (66% общего числа животных) составляли особи с массой около 50 г, что соответствует возрасту 2+ года. В 2021 г. структура поселения была сходной, преобладали голотурии с массой около 50 г (73% общего числа животных), средняя масса – 44,87 г. В 2022 г. структура поселения изменилась, наиболее многочисленными стали трепанги массой более 50 г (около 72% от общего числа животных), а средняя масса достигла 110,07 г. Возросла доля особей с массой 150–200 г, что соответствует возрасту 4+ года.

Численность трепанга с 2019 по 2021 гг. сократилась в 37 раз – с 59,5 до 1,6 тыс. экз. При этом снизилась как численность 1–2-летних особей, находящихся на поле анфельции, так и голотурий с массой свыше 50 г, обитающих за его пределами (рис. 2).

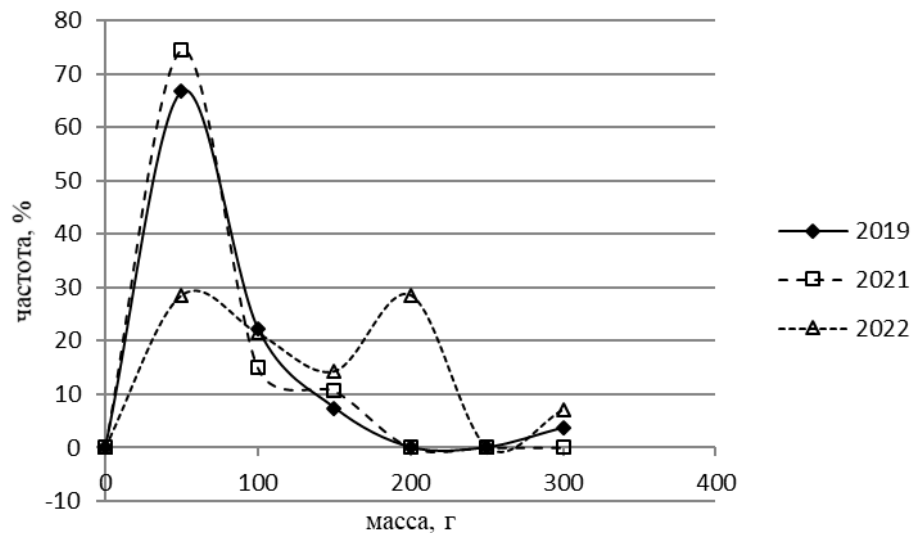


Рис. 3. Массовая структура поселения дальневосточного трепанга в проливе Старка в 2019–2022 г.

По-видимому, бушевавший в 2020 г. в Приморье тайфун «Майсак», принесший с собой ураганный ветер до 43 м/с и волны высотой до 7 м, привел не только к гибели молоди трепанга, массово выброшенной на берег вместе с фрагментами поля анфельции, но и вызвал повышенную элиминацию крупных особей, обычно укрывающихся от неблагоприятных воздействий в неровностях грунта.

В 2022 г. отмечено некоторое увеличение как площади анфельции на участке, так и численности трепанга. Более многочисленными стали массой голотурии 150–200 г. По мере роста они перераспределились от поля анфельции в юго-восточном направлении, к берегу, в ландшафты, более подходящие для обитания взрослых особей. Относясь преимущественно к поколению 2018 г., на момент прохождения тайфуна они были достаточно крупными и жизнестойкими, чтобы выжить после разрушения зарослей анфельции.

При этом доля (и абсолютная численность) молоди даже уменьшились по сравнению с 2021 г. Это говорит о том, что воспроизводство трепанга в 2020–2021 гг. находилось на низком уровне, что связано преимущественно с гидролого-климатическими особенностями в период размножения, в частности с прохождением тайфуна «Майсак».

Анализ встречаемости приморского гребешка показал, что этот вид в проливе Старка распространен на участках дна с песчаным и илисто-песчаным дном. В отличие от дальневосточного трепанга, он обитает за пределами поля анфельции на глубинах от 10,0 до 15,0 м (рис. 3). В заливе Петра Великого большинство поселений гребешка расположено в бухтах и заливах

на песчаных, илисто-песчаных грунтах с примесью гальки, гравия, ракушки. В бухтах гребешок обитает на глубине более 1–3 м, на открытых участках — более 10 м [4].

В исследуемом районе поселение моллюсков характеризуется относительно низкой плотностью, в среднем не более 0,02 экз/м<sup>2</sup>. Эта же картина наблюдалась в заливе Петра Великого в начале 2000-х гг., когда плотность поселений приморского гребешка соответствовала 0,01–0,10 экз/м<sup>2</sup> [5].

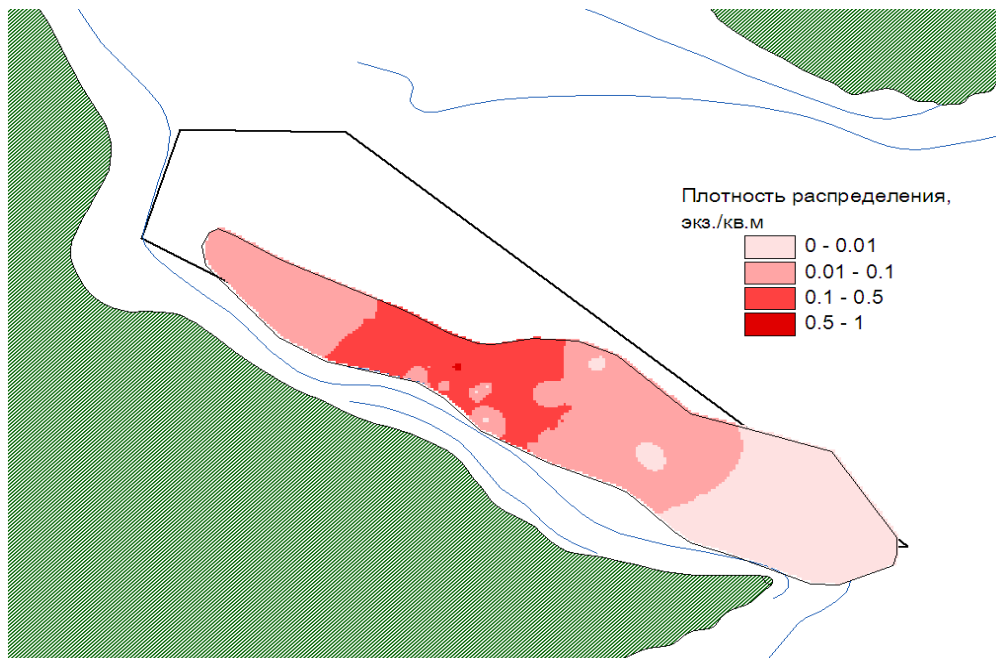


Рис. 4. Распределение гребешка приморского в проливе Старка в 2022 г.

В 2019 г. средняя высота раковины гребешка составляла 106,56 мм, доля промысловых моллюсков – 55,4%. В 2021 г. высота раковины животных составляла 100,23 мм. Доля промысловых особей была несколько меньше и не превышала 50,5 %. В 2022 г. поселение было представлено преимущественно крупными особями. Размер особи изменялся от 94 до 143 мм, средний диаметр – 114,8 мм. Преобладали моллюски промыслового размера, составляющие около 63% поселения (рис. 4).

В 2019 г. численность гребешка составляла 2,14 тыс. экз. Численность гребешка с 2021 по 2022 гг. возросла с 0,89 тыс. особей до 32,95 тыс. особей. Такой провал численности гребешка в 2021 г. говорит о серьезном влиянии гидрологических факторов на поселение, в частности о прохождении тайфуна «Майсак» в Приморском крае. Быстрое восстановление, по-видимому, связано с миграциями моллюсков с участков, менее затронутых влиянием тайфуна.

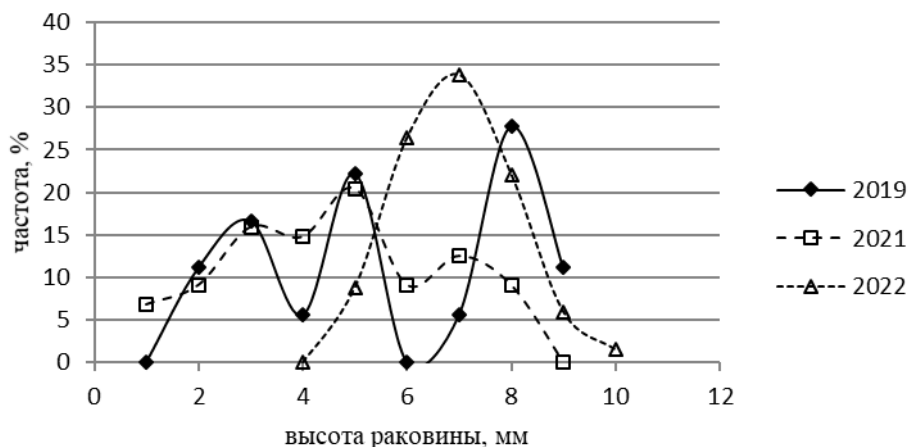


Рис. 4. Размерная структура поселения приморского гребешка в проливе Старка в 2019–2022 г.

Численность трепанга с 2021 по 2022 гг. находилась в пределах 1,6–2,1 тыс. экз. Это говорит о том, что уровень воспроизводства трепанга в последние годы находился на низком уровне, что связано преимущественно с гидролого-климатическими особенностями в период размножения. Из-за разрушения поля анфельции в период прохождения тайфуна «Майсак» интенсивность пополнения скопления молодью снизилась, что отразилось на размерной структуре поселения.

Провал в численности гребешка в 2021 г. говорит о серьезном влиянии тайфуна «Майсак» на структуру поселения, а быстрое восстановление, по-видимому, связано с миграциями моллюсков с участков, менее затронутых влиянием тайфуна. В 2022 г. поселение представлено преимущественно крупными особями.

### Литература

1. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне / Е.И. Блинова, О.Ю. Вилкова, Д.М. Милютин, О.А. Пронина, В.А. Штрик. – М.: ВНИРО, 2003. – 80 с.
2. Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. – СПб.: Голланд, 2000. – 199 с.
3. Лебедев А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 140 с.
4. Седова Л.Г., Соколенко Д.А. Численность и размерный состав поселений приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море) // Известия ТИНРО. – 2014. – № 179. – С. 226–235.
5. Седова Л.Г., Соколенко Д.А., Борисовец Е.Э. и др. Ресурсы промысловых двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. – М.: ВНИРО, 2007. – Т. 147. – С. 320–334.

УДК 595.36(268.45)"07.2016"

**Н.С. Ширяева**

Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: natalya.pushkina@klgtu.ru

**СОСТАВ ПИЩИ ПЯТИ ВИДОВ ДЕСЯТИНОГИХ РАКОВ  
ИЗ ПОДОТРЯДОВ ANOMURA И BRAHIURA,  
СОБРАННЫХ В ГУБЕ ЗЕЛЕННОЙ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) В ИЮЛЕ 2016 ГОДА**

Описан состав пищи пяти видов десятиногих раков из подотрядов Anomura и Brahiura: крабов *Hyas araneus*, *Hyas coarctatus*, крабоида *Paralithodes camtschatica* и раков-отшельников *Pagurus pubescens* и *Pagurus bernhardus*. Материал был собран в июле 2016 года в губе Зеленой, представляющей собою так называемый ковшевидный фьорд, находящийся в состоянии постепенного отделения от моря. Коэффициент Фроермана (среднее количество жертв в желудке) у камчатского краба составлял 6,7. Величина коэффициента Фроермана *Hyas araneus* равна 4,5; у *H. coarctatus* – 3,09. Раки-отшельники *P. bernhardus* и *P. pubescens* питались менее интенсивно, чем особи остальных исследованных видов десятиногих раков.

**Ключевые слова:** десятиногие раки, губа Зеленая, состав пищи, частота встречаемости, пищевые объекты, наполнение желудка.

**N.S. Shiriaeva**

Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: natalya.pushkina@klgtu.ru

**COMPOSITION OF THE FOOD OF FIVE SPECIES OF DECAPOD CRAYFISH  
FROM THE SUBORDER ANOMURA AND BRAHIURA  
COLLECTED IN GREEN BAY (BARENTS SEA) IN JULY 2016**

The composition of the food of five species of decapod crayfish from the suborder Anomura and Brahiura is described: crabs *Hyas araneus*, *Hyas coarctatus*, *Paralithodes camtschatica*, and hermit crabs *Pagurus pubescens* and *Pagurus bernhardus*. The material was collected in July 2016 in Green Bay, which is a so-called bucket-shaped fjord, which is in a state of gradual separation from the sea. The Froerman coefficient (the average number of victims in the stomach) in Kamchatka crab was 6.7. The value of the Froerman coefficient of *Hyas araneus* is 4.5; in *H. coarctatus* – 3.09. Hermit crabs *P. bernhardus* and *P. pubescens* ate less intensively than individuals of the other decapod crayfish species studied.

**Key words:** decapod crayfish, Green bay, food composition, frequency of occurrence, detritus, stomach filling.

Камчатский краб, интродуцированный в 60-х годах прошлого столетия в Баренцево море, успешно акклиматизировался и к настоящему моменту образовал самовоспроизводящуюся популяцию на акватории от Лофотенских островов на западе до архипелага Новая Земля на востоке [1, 2]. Появление мощной популяции нового для Баренцева моря вида не могло не сказаться на состоянии трофических сетей региона. Поэтому большое значение приобрело исследование того, какое место занял вселенец в местных донных сообществах.

*Цель нашей работы* – описать состав пищи камчатского краба, крабов *Hyas araneus* и *Hyas coarctatus*, а также раков-отшельников *Pagurus pubescens* и *Pagurus bernhardus*, которые ведут сходный образ жизни, чтобы выяснить, существует ли конкуренция за пищу между этими десятиногими раками в районе губы Зеленой.

Работа выполнена в рамках двух инициативно-поисковых (фундаментальных и прикладных) научно-исследовательских тем: «Эколого-фаунистическая характеристика гидробионтов из водоемов Калининградской области и некоторых районов Мирового океана» Рег. № 13.13.036.2

(кафедра водных биоресурсов и аквакультуры КГТУ) и «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана» Рег. № 13.13.029.2. (научно-образовательный центр им. профессора Н.С. Гаевской КГТУ).

Материалы для исследования собраны водолазами Т.И. Антохиной, Ю.В. Деартом, В.А. Спиридоновым (сотрудниками: ИОРАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН) в июле 2016 г., фиксация – 4%-ный раствор формальдегида. Материалы: *Paralithodes camtschatica* – 14 желудков (1 пустой; 8 с пищей; 5 полных), самцы *Hyas coarctatus* – 21 желудок (10 пустых; 11 с пищей; полных нет) и 3 самца и 3 самки *Hyas araneus* – 6 желудков (2 пустых; 2 с пищей; 2 полных). Два вида раков-отшельников: *Pagurus bernhardus* – 29 желудков (3 пустых; 22 с пищей; 4 полных) и *Pagurus pubescens* – 27 желудков (4 пустых; 22 с пищей; 1 полный). Исследование состава пищи производили по методике Р.Н. Буруковского [3].

**P. camtschatica.** Пищевые комки в желудках вида имели темно-коричневый цвет, вязкую консистенцию. В пищевых комках хорошо заметен детрит в виде черно-коричневой кашицеобразной, иногда светло-серой бесструктурной массы, в которой в более чем 50% желудков встречались песчинки размерами 0,05–0,7 мм. По классификации морских обломочных осадков в зависимости от их гранулометрического состава [4], среди песчинок присутствовали и крупные алевриты, и песчинки, относимые к мелким, средним и крупным псаммофитам. Часто попадались комплексы из склеенных между собой песчинок. Так называемые неопределенные остатки можно разделить на две группы. К одной мы относили действительно не определенные до конкретной таксономической группы фрагменты каких-то животных. Но значительно чаще это были бесформенные обрывки хитина или других покровов. В каждом желудке *P. camtschatica* встречались фораминиферы от единичных до 30 экз., размерами целых раковин 0,07–0,5 мм. Среди них преобладал вид *Nonion stelligerum* (размером 0,07–0,5 мм). В меньшем количестве встречались *Eponides korsteni* (0,2–0,4 мм) и *Cibicides sp.* (0,1–0,3 мм). Другими заметными компонентами пищевого комка были моллюски и водоросли. Двустворчатые моллюски были представлены обломками раковин *Clinocardium ciliatum*, *Saxicava (Panomia) sp.*, *Pandora glacialis*; *Cardium echinatum*, *Mytilus edulis*, *Chlamis islandica* с высотой 0,1–2,8 мм. Из брюхоногих моллюсков встречались виды *Hydrobia ulvae*, *Margarites sp.*, *Margarites olivaceus*, *Sipho curtus*, *Musculus laevigatus*, *Trochidae gen. sp.* (высота раковин – 0,2–4 мм). Кроме целых раковин и их обломков встречались оперкулюмы и фрагменты раковин с телом моллюсков, следовательно, они были съедены живыми. Чаще всего встречались моллюски *M. olivaceus*, размером раковины 0,2–2,2 мм; с оперкулюмом у одной особи диаметром 0,5 мм, а у трех оперкулюмов *Trochidae gen. sp.* – 2,2; 2,5 и 2,7 мм. Среди растительных остатков встречены красные, бурые, нитчатые и одноклеточные водоросли. Более интенсивно краб питался бурыми водорослями (*Desmarestia aculeata*, *Laminaria sp.*, *Ectocarpus fasciculatus*, *Ascophyllum nodosum*), из красных отмечен *Polysiphonia stricta*, из нитчатых – *Cladophora rupestris*. Из иглокожих встречены иглы морского ежа длиной 0,4–3,5 мм и кусочки его панциря (0,6 мм); офиуры встречались в большом количестве (представлены ротовым диском и пластинками скелета). Найдены также щетинки эррантных полихет (ацикулы, длиной 1,3; 3,0 и 3,3 мм), а также целые тела, щетинки и обломки трубок седентарных полихет *Pectinaria koreni*. Также попадались мшанка *Menipea ternate*, гидроидные полипы. Единжды встречен веслоногий рачок из Naupacticoida. По частоте встречаемости (ЧВ) в желудках все объекты питания краба *P. camtschatica* можно разделить на группы (таблица): 1) доминирующие (фораминиферы – ЧВ 100%; иглокожие – 92,3%; моллюски – 92,3%; водоросли – 92,3%; детрит – 84,6%; полихеты – 53,8%); 2) второстепенные (мшанки – 30,8%); 3) случайные: гидроидный полип и веслоногие рачки. Песчинки, иглокожие, моллюски и водоросли встречались практически в каждом желудке (92,3%). Коэффициент Фроермана (среднее количество жертв в желудке) у креветок выше 4 не встречается [3], тогда как у камчатского краба он составлял 6,7.

Частота встречаемости (%) пищевых объектов у видов десятиногих раков

Объект питания	<i>Paralithodes camtschatica</i>	<i>Hyas araneus</i>	<i>Hyas coarctatus</i>	<i>Pagurus pubescens</i>	<i>Pagurus bernhardus</i>
Водоросли	92,3	100,0	9,1	30,4	46,2
Детрит	84,6	100,0	81,8	78,3	96,2
Моллюски	92,3	75,0	72,7	26,1	15,4
Фораминиферы	100	50,0	63,6	56,5	57,7
Иглокожие	92,3	50,0	36,4	26,1	19,2

Объект питания	<i>Paralithodes camtschatica</i>	<i>Hyas araneus</i>	<i>Hyas coarctatus</i>	<i>Pagurus pubescens</i>	<i>Pagurus bernhardus</i>
Полихеты	53,8	25,0	27,3	21,7	15,4
Мшанки	30,8	-	-	-	-
Яйцевые капсулы	15,4	25,0	18,2	8,7	3,8
Гидроидный полип	7,7	-	-	13,0	3,8
Неопределенные остатки	23,1	25,0	9,1	-	7,7
Гифы грибов	-	-	-	4,3	7,7
Сорепода	7,7	-	-	4,3	-
Нематоды	-	-	-	4,3	11,5
Мизиды	-	-	-	-	7,7
Кумовые раки	-	-	-	-	7,7
Amphipoda	-	-	-	-	3,8
Насекомое	-	-	-	-	3,8
Спикулы губок	-	-	-	-	3,8
Песчинки	92,3	25,0	54,45	95,7	96,2
Всего желудков	13	4	11	23	26
Коэффициент Фроермана	6,7	4,5	3,1	2,8	3,1

***Hyas coarctatus*.** В желудках краба (таблица) на первом месте по частоте встречаемости был детрит – 81,8%, на втором – моллюски (72,7%) и фораминиферы (63,6%). Кроме этого, встречались иглокожие, полихеты, водоросли и остатки неизвестного происхождения. Песчинки размерами 0,05–0,5 мм присутствовали в половине исследованных желудков. Встречены фораминиферы трех видов (*Eponides korsteni* (размерами раковин 0,2–0,5 мм), *Gibicides lobatulus* (0,25 мм) и *Nonion stelligerum* (0,25–0,5 мм), эррантные полихеты *Harmothoe imbricate*. Встречены обломки раковин двустворчатых моллюсков. Из иглокожих отмечены офиуры. Коэффициент Фроермана равный 3,09 приближает его к нападающим хищникам. *H. coarctatus* из губы Зеленой можно, по видимому, отнести к хищникам-бентофагам, способным к детритофагии.

***Hyas araneus*.** В желудках чаще всего (таблица) встречались водоросли (100%) – красные (род *Polysiphonia*) и бурые (*Ectocarpus fasciculatus*), а также детрит (100%). На втором месте находились брюхоногие и двустворчатые моллюски (75%). Среди первых – представители *Trochidae gen. sp.* (размерами 0,5 мм) и до трех их оперкулюмов в одном желудке (размерами 2, 4 мм); радула брюхоногого моллюска (1 мм); маковка раковины моллюска *Trochidae gen. sp.* (0,5 мм). Двустворчатые представлены осколками раковин, по которым определены виды: *Pandora glacialis*, *Mytilus edulis*, *Musculus sp.* Кроме того, в пищевом комке присутствовали фораминиферы, иглокожие (морской еж размером 1,3 мм; офиуры), полихеты (по 3–5 взрослых особей *Nereis sp.* размером 8–10 мм в одном желудке). Три вида фораминифер: *Nonion stelligerum* (размеры раковин 0,25 и 0,4 мм), *Gibicides lobatulus* (0,25 мм), *Eponides korsteni* (0,5 мм). Величина коэффициента Фроермана, равная 4,5, указывала на то, что *Hyas araneus* – хищник-собирающий, питающийся преимущественно водорослями, детритом и моллюсками, роль которых в питании вида пока установить трудно.

***Pagurus pubescens*.** Содержимое желудков можно подразделить на следующие основные категории пищевых компонентов: песчинки, детрит и животные. Песчинки размерами 0,01–0,4 мм (преобладали – 0,1–0,2 мм – категория мелких песков [4]) встречались почти в каждом желудке.

Их количество варьировало от полного отсутствия до нескольких десятков в одном желудке. Детрит представлял собой серо-коричневую массу, в капле воды приобретающую хлопьевидную структуру. Фораминиферы встречались как единично, так и в больших количествах. Среди них доминировал один вид – *Nonion stelligerum*. Они, как правило, были разрушены в той или иной степени, но не менее половины были совершенно целыми. Это позволило убедиться, что они были съедены живыми. Размеры фораминифер *N. stelligerum* варьировали от 0,2 до 0,4 мм, преобладали размеры 0,2 мм. Встречены и планктонные формы фораминифер – *Globigerina sp.* (размерами 0,1–0,5 мм), в количестве до трех экземпляров в одном желудке. Двустворчатые моллюски, как правило, молодь, отмечены в желудках как целыми (размеры раковин – 0,5–0,7 мм), так и в виде многочисленных мелких осколков раковин. Количество моллюсков в желудках не превышало двух экземпляров. Брюхоногий моллюск имел размеры 0,5–0,1 мм. Встречены щетинки

полихет (ацикулы) длиной 0,7 мм. В желудках постоянно встречались растительные остатки, среди которых преобладали водоросли: нитчатые, одноклеточные и редко красные (*Ptilota serrate*). Из иглокожих были встречены скелетные остатки офиур, осколки игл морского ежа (0,7 мм). По частоте встречаемости в желудках доминировал детрит (ЧВ 78,3%). За ним следовали фораминиферы (56,5%), водоросли (30,4%), моллюски (26,1%), иглокожие (26,1%) и полихеты (21,7%) (таблица) – их можно считать второстепенными объектами питания. Гидроидный полип (13,0%) был редко встречающейся добычей. Все остальные (веслоногие рачки *Copepoda*, нематоды, гифы грибов) составляли большую группу случайных пищевых объектов (встречены по одному разу – ЧВ 4,3%). Песок (непищевой объект) попадался практически в каждом желудке (ЧВ 95,7%). По относительно невысокому коэффициенту Фроермана (2,82), *Pagurus pubescens* ближе к хищникам-собираателям, питающимся преимущественно детритом и фораминиферами, но производит впечатление детритофага и отчасти хищника-бенитофага.

***Pagurus bernhardus*.** Содержимое желудков можно было разделить на две группы. В первую вошли детрит, непищевые объекты (песчинки, спикулы губок), неопределенные остатки, растительные остатки. Во вторую – остатки животных самой разной таксономической принадлежности. Детрит представлял собой более или менее рыхлую, иногда даже плотную массу, цвет которой варьировал от серого до темно-коричневого. Размеры песчинок колебались от 0,05 до 2,14 мм (категория от мелких алевритов до мелкого гравия (псефиты) [4]); преобладали песчинки размером 0,05–0,2 мм, что соответствует крупным алевритам и мелким пескам. Встреченные в желудках фораминиферы составляли две группы: донные, среди которых попадались представители семейств Textulariidae (размеры раковин 0,25 мм), *Nonion stelligerum* (0,07–0,3 мм) и планктонные *Globigerina sp.* (0,2–0,3 мм), количество которых в одном желудке достигало иногда 10 экземпляров. Почти все они были в полуразрушенном состоянии, внутри них различим осадок. Иголкожие присутствовали в виде обломков игл морских ежей, а также скелетных пластинок офиур (размерами 0,1–0,2 мм). Среди водорослей встречены нитчатые, одноклеточные и бурые водоросли. Отмечены обломки раковин двустворчатых моллюсков. Встречен брюхоногий моллюск *Margarites olivaceus* (размер раковины 0,3 мм; обломок оперкулума размером 1,2 мм). В одном из желудков попался лопатоногий моллюск (*Dentalium sp.*, размером 0,5 мм). Отмечены щетинки (ацикулы) полихет длиной 0,5 мм, а также коричневые домики пектинарый. Круглые черви (Nematoda) длиной 2,5 мм встречены в трех желудках. Ракообразные в желудках *P. bernhardus* были представлены фрагментами тел рачков Amphipoda (клешня и нога длиной 0,8 мм) и мизидами. Мизиды в пищевых комках были представлены только статолитами; как правило, это были остатки одной особи. Дважды отмечены неопределенные остатки в виде шаров янтарного цвета (возможно, что это была кладка гарпактицид). Присутствовали также фрагменты тел кумовых раков. Первое место в питании занимал детрит (ЧВ 96,2%), на втором месте были фораминиферы (ЧВ 57,7%), далее следовали водоросли (ЧВ 46,2%). Следовательно, доминирующей пищей виду служил детрит, а дополнительной – растительные остатки, фораминиферы, иглокожие, моллюски и полихеты. Рачки, возможно, поедались раком-отшельником живьем и определены как случайные объекты питания. Пищевые объекты, по частоте встречаемости составляющие менее 10%, также можно отнести к случайным объектам питания. Следовательно, в этом районе *P. bernhardus* можно считать детритофагом. И, судя по коэффициенту Фроермана, составлявшему 3,11, по классификации способов охоты Буруковского [3] – к хищникам-собираателям.

Крабы *Hyas araneus* и *H. coarctatus*, а также раки-отшельники *Pagurus bernhardus* и *P. pubescens*, обитают в Зеленой губе рядом с *Paralithodes camtschatica*. В желудках краба *H. coarctatus* водоросли отсутствовали, а у краба *H. araneus* они были встречены в каждом желудке. Кроме этого, в диете вида *H. araneus* моллюски, детрит, фораминиферы и иглокожие лучше представлены, чем у *H. coarctatus*. У *H. coarctatus* заметно чаще встречаются полихеты. По составу пищи у двух близких видов крабов *H. araneus* и *H. coarctatus* были различия, и можно предположить, что это – следствие типичной конкуренции из-за пищи.

Раки-отшельники *P. bernhardus* и *P. pubescens* питались менее интенсивно, чем особи остальных исследованных видов десятиногих раков. Из литературы известно, что они способны к активной фильтрации и, вероятно, не конкурируют между собой. По этой же причине раки-отшельники, вероятнее всего, не могут служить конкурентами камчатскому крабу и представителям рода *Hyas*. Судя по всему, краб *H. araneus* способен составить некоторую конкуренцию камчатскому крабу.



Автор выражает благодарность В.А. Спиридонову, д.б.н. (ИОРАН), за возможность участвовать в экспедиции на Баренцево море в июле 2016 г., Т.И. Антохиной и Ю.В. Деарту (Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН) за сбор материала. Искреннюю благодарность выражает Р.Н. Буруковскому (КГТУ) за обучение методике исследования, работу над статьей и С.А. Судник (КГТУ) за ряд важных замечаний по рукописи и ее коррекции.

### Литература

1. Баканев С.В. Динамика популяции камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море (опыт моделирования): Дис. ... канд. биол. наук. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 142 с.
2. Беренбойм Б.И. Камчатский краб в Баренцевом море. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 383 с.
3. Буруковский Р. Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок: Монография. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 409 с.
4. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. – М.: Наука, 1967. – С. 128.

## Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ, СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

УДК 598.2:639.2.065

**Ю.Б. Артюхин**

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683000  
e-mail: artukhin61@mail.ru*

### МИРОВОЙ ОПЫТ ЭЛЕКТРОННОГО ВИДЕОМОНИТОРИНГА ПРИЛОВА МОРСКИХ ПТИЦ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ТРАЛОВОМ ПРОМЫСЛЕ МИНТАЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ

Рассмотрены перспективы использования электронного мониторинга для изучения смертности морских птиц на траловом промысле минтая в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Предполагается, что видеосистемы пригодны лишь в качестве дополнительного метода сбора информации, так как наиболее достоверные и полные данные о видовом и количественном составе прилова птиц могут быть получены только усилиями подготовленных специалистов, проводящих орнитологические наблюдения на борту промысловых судов.

**Ключевые слова:** электронный видеомониторинг, морские птицы, прилов, траловый промысел минтая.

**Yu.B. Artukhin**

*Kamchatka branch of Pacific Institute of Geography FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000  
e-mail: artukhin61@mail.ru*

### GLOBAL EXPERIENCES OF ELECTRONIC VIDEOMONITORING FOR SEABIRD BYCATCH AND THE POSSIBILITY OF ITS USING IN THE SPECIALIZED TRAWL FISHERY FOR POLLOCK IN THE FAR EASTERN SEAS OF RUSSIA

The prospects for using electronic monitoring to study the mortality of seabirds in the pollock trawl fishery in the Far Eastern Fishery Basin are considered. Presumably, systems are suitable as an additional method of collecting information, since the most reliable and complete data on the species composition and number of seabird bycatch can be obtained only by trained specialists conducting ornithological observations on board fishing vessels.

**Key words:** electronic video monitoring, seabirds, bycatch, pollock trawl fishery.

Результаты первых применений телевизионных камер на борту промысловых судов в конце 1990-х гг. показали, что видеосистемы можно эффективно использовать для мониторинга различных аспектов рыболовства, особенно в ситуациях с низким охватом промысловых усилий наблюдателями. Электронный видеомониторинг стал инновационным подходом сбора достоверных сведений, необходимых для выработки решений в процессе управления рыболовством. Он дополняет другие системы сбора данных, а в ряде стран зарекомендовал себя важным компонентом национальных программ контроля и управления рыболовством [1].

Базовая система электронного мониторинга состоит из набора видеокамер, GPS-приемника, датчиков гидравлического давления и лебедки, блока управления системой [2] (рис. 1). С развитием средств спутниковой связи стал возможен удаленный мониторинг, при котором

контроль за деятельностью судов в море ведут с берега в онлайн-режиме. Общее количество рыболовных судов, которые задействованы в рамках полностью реализованных программ видеомониторинга или экспериментальных исследований, в последние годы достигло двух тысяч и продолжает расти [3]. Важно отметить, что внедрение в практику систем электронного мониторинга существенно повышает качество данных о прилове различных животных, которые отражают экипажи судов в промысловых журналах [4, 5]. В частности, на ярусных промыслах в приавстралийских водах прирост показателей гибели птиц в орудиях лова составил 800% после установки на судах видеосистем, отслеживающих выборку [6].

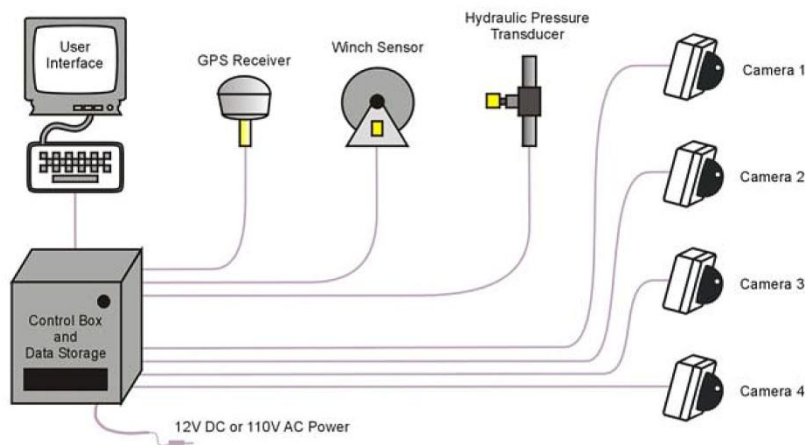


Рис. 1. Схема базовой системы электронного видеомониторинга

В целях изучения прилова морских птиц видеокамеры с наибольшим успехом применяли в ряде исследовательских программ на ярусных и сетных промыслах (табл. 1). Результаты пилотного проекта по внедрению электронного мониторинга на маломерных траулерах в прибрежных водах Новой Зеландии продемонстрировали его огромный потенциал для регистрации на выборке трала случаев гибели крупных видов морских птиц, а также для оценки индекса их обилия в околосудовых скоплениях [2]. В то же время работа видеокамер показала низкую эффективность для фиксации столкновений птиц с ваерами (буксировочными тросами трала), которые могут заканчиваться летальным исходом. К аналогичным выводам привели исследования на Аляске [7].

Таблица 1

**Перечень проектов исследования прилова морских птиц с использованием систем электронного видеомониторинга на рыболовных промыслах в Мировом океане (по: [8] с дополнениями)**

Орудие лова	Страна / регион	Источник информации
Пелагический ярус	Австралия, Соломоновы о-ва, США (Гавайские о-ва)	[7, 9–11]
Донный ярус	Новая Зеландия, Южная Георгия, США (Аляска)	[12–16]
Жаберные сети	Новая Зеландия, США (Северо-Восток), Перу, Швеция, Германия, Дания	[17–22]
Снюрревод	Республика Кот-д'Ивуар	[23–25]
Трал	Новая Зеландия, США (Аляска)	[2, 7, 26]

В отличие от Новой Зеландии и Австралии, где ради сохранения редких видов птиц разрешаются только беспроводные системы контроля глубины и раскрытия трала, в других регионах Мирового океана, в том числе в Северной Пацифике, для связи с установленным на трале прибором (сетным зондом) рыбаки используют кабель, который представляет большую опасность для птиц, так как они цепляются за него крыльями, погружаются в воду и тонут [27–30]. Значительное количество таких летальных контактов с орудиями лова остается вне поля зрения наблюдателей, контролирующих прилов, так как многие птицы срываются с тросов до того, как достигнут палубы на выборке трала. По нашему мнению, это существенно ограничивает потенциальные возможности применения видеосистем для оценки смертности птиц на траловых промыслах в дальневосточных морях России.

Во время исследований по договору с НКО «Ассоциация добытчиков минтая» в Западно-Беринговоморской зоне в сентябре – октябре 2021 г. и в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне в октябре – декабре 2022 г. мы пытались оценить возможность применения видеорегистрации случаев гибели морских птиц в траловых орудиях лова. С этой целью на выборках осматривали в 10-кратный бинокль либо фотографировали длиннофокусной оптикой место крепления кабеля с прибором контроля трала, установленным на верхней подборе (полотне). Птицы, зацепившиеся крылом во время траления, под напором воды смещаются в эту точку (рис. 2), поэтому своевременный осмотр на выборке позволяет проводить их подсчет.



Рис. 2. Типичное положение на выборке трала погибших птиц, зацепившихся крылом за кабель сетного зонда: а – темноспинные альбатросы (*Phoebastria immutabilis*), б – тонноклювый буревестник (*Puffinus tenuirostris*)

Результаты таких учетов следует рассматривать только как минимально возможные потери. Во-первых, не все птицы, зацепившиеся за кабель сетного зонда, остаются на тросе до появления на поверхности моря при поднятии трала. Часть из них определенно смывается в глубине напором воды и таким образом вообще не попадает в поле зрения наблюдателя. Подтверждением тому служат зафиксированные нами находки птиц на петле кабеля, расположенной после точки его крепления с поводком зонда. Труп птицы может оказаться в этом месте только в том случае, если он был смыт водой с точки крепления и уже потом зацепился за петлю кабеля на приборе.

Во-вторых, часть птиц срывается с кабеля сетного зонда непосредственно по время выборки. Причем срывам подвержены все без исключения виды (табл. 2). В целом от четверти до половины всех зацепившихся за кабель птиц слетает в воду до подъема трала на палубу. Чаще всего это происходит на уровне кормы либо на слипе, когда кабель вступает в контакт с корпусом судна, в результате которого птицы «сдираются» с кабеля. Потери погибших птиц на выборках возрастают при сильном волнении моря, так как на волнах кабель часто дергается, его натяжение то возрастает, то ослабевает, а дистанция нахождения его в воздухе то и дело меняется. Это наглядно демонстрируют результаты 2022 г., когда выборки проходили при более неблагоприятных погодных условиях в сравнении с предыдущим годом.

Количество срывов птиц с тросов увеличивается во время работы на ограниченном по площади локальном участке, когда судно вынуждено совершать несколько разворотов за одно траление. Во время таких операций трал подтягивают к корме, и полотно всплывает на поверхность моря, при этом точка крепления кабеля с сетным зондом интенсивно омывается волнами, которые срывают трупы птиц. По нашим наблюдениям в зимней Охотоморской минтаевой экспедиции, результаты подсчетов погибших птиц на выборках существенно понижаются при работе в ледовых условиях, так как при прохождении кабеля через осколки льда велика вероятность срывов трупов. Следовательно, метод видеофиксации гибели птиц на выборке малопригоден при работе на акваториях, покрытых льдом.

**Количество погибших птиц и их срывов с кабеля прибора контроля трала во время выборки на специализированном промысле минтая в Западно-Беринговоморской зоне (61.01) в 2021 г. и в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) и Северо-Курильской зоне (61.03) в 2022 г.**

Вид	61.01		61.02.2 и 61.03		Все районы
	Погибшие птицы, особи	Количество срывов, %	Погибшие птицы, особи	Количество срывов, %	Средняя дистанция срывов от кормы, м
Темноспинный альбатрос <i>Phoebastria immutabilis</i>	16	6,4	1	100,0	10,0
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	48	31,3	36	55,6	8,0
Тонкоклювый буревестник <i>Puffinus tenuirostris</i>	15	20,0	12	33,3	2,1
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	1	100,0	2	—	0,0
Восточносибирская чайка <i>Larus vegae</i>	1	100,0	—	—	0,0
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	3	33,3	1	—	5,0
Все виды	84	26,2	52	48,1	6,8

С учетом изложенных выше обстоятельств мы допускаем возможность применения электронного видеомониторинга прилова морских птиц на специализированном траловом промысле минтая преимущественно в безледный период лишь в качестве дополнительного метода сбора информации. Для выработки конкретных рекомендаций требуется проведение экспериментальных исследований. В любом случае наиболее полные и достоверные данные о видовом и количественном составе прилова морских птиц могут быть получены только усилиями профессиональных орнитологов либо предварительно подготовленных наблюдателей, основным рейсовым заданием которых является проведение сугубо орнитологических наблюдений.

### Литература

1. Electronic monitoring in fisheries: Lessons from global experiences and future opportunities / A.T.M. van Helmond, L.O. Mortensen, K.S. Plet-Hansen, C. Ulrich, C.L. Needle, D. Oesterwind, Kindt-L. Larsen, T. Catchpole, S. Mangi, C. Zimmermann, H.J. Olesen, N. Bailey, H. Bergsson, J. Dalskov, J. Elson, M. Hosken, L. Peterson, H. McElderry, J. Ruiz, J.P. Pierre, C. Dykstra, J.J. Poos // Fish and Fisheries. – 2020. – Vol. 21. – P. 162–189.
2. Electronic monitoring in the New Zealand inshore trawl fishery: A pilot study / H. McElderry, M. Beck, M.J. Pria, S.A. Anderson // DOC Marine Conservation Services Series 9. – Wellington: Department of Conservation, 2010. – P. 1–44.
3. van Helmond A.T.M. Research for PECH Committee – Workshop on electronic technologies for fisheries. Part II: Electronic monitoring systems. – Brussels: European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, 2021. – 51 p.
4. Larcombe J., Noriega R., Timmiss T. Catch reporting under E-Monitoring in the Australian Pacific longline fishery. – Canberra: ABARES, 2016. – 20 p.
5. Changes in logbook reporting by commercial fishers following the implementation of electronic monitoring in Australian Commonwealth fisheries / T.J. Emery, R. Noriega, A.J. Williams, J. Larcombe // Marine Policy. – 2019. – Vol. 104. – P. 135–145.
6. Michelin M., Zimring M. Catalyzing the growth of electronic monitoring in fisheries: Progress update report. – CEA Consulting; The Nature Conservancy, 2020. – 73 p.
7. Electronic monitoring in fisheries of the United States. SBWG7 Inf 19 / K. Denit, S. Ellgen, S. Fitzgerald, M.A. Kim, C. Rilling // Seventh Meeting of the Seabird Bycatch Working Group (Chile, La Serena, 2–4 May 2016). – Hobart: Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels, 2016. – 7 p.

8. *Pierre J.P.* Using electronic monitoring imagery to characterise protected species interactions with commercial fisheries: A primer and review. – Final report prepared by JPEC Ltd for the Conservation Services Programme, Department of Conservation, 2018. – 42 p.
9. A pilot study using EM in the Hawaiian longline fishery / *H. McElderry, M.J. Pria, M. Dyas, R. McVeigh*: Unpublished report prepared for the Western Pacific Fishery Management Council by Archipelago Marine Research Ltd. – Canada, Victoria: Archipelago Marine Research, 2010. – 35 p.
10. Electronic onboard monitoring pilot project for the eastern tuna and billfish fishery: FRDC Project 2009/048 / *M. Piasente, B. Stanley, T. Timmiss, H. McElderry, M.J. Pria, M. Dyas*. – Canberra: Australian Fisheries Management Authority, 2012. – 105 p.
11. Report on the 2014 Solomon Islands longline e-monitoring project / *M. Hosken, H. Vilia, J. Agi, P. Williams, S. Mckechie, D. Mallet, E. Honiwala, H. Walton, M. Owens, C. Wickham, E. Zaborovskiy, B. Cheung*. – New Caledonia: Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community, 2016. – 66 p.
12. *Ames R.T., Williams G.H., Fitzgerald S.M.* Using digital video monitoring systems in fisheries: Application for monitoring compliance of seabird avoidance devices and seabird mortality in Pacific halibut longline fisheries. – U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum: NMFS-AFSC-152, 2005. – 93 p.
13. *McElderry H., Schrader J., Anderson S.* Electronic monitoring to assess protected species interactions in New Zealand longline fisheries: A pilot study // New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report 24. – Wellington: Ministry of Fisheries, 2008. – P. 1–39.
14. *Benedet R.A.* The bottom longline fishery and its use as a source of benthic biodiversity information around South Georgia: Ph.D. thesis. – Cambridge: British Antarctic Survey, 2016. – 300 p.
15. *Middleton D.A.J., Guard D.P., Orr T.J.* Detecting seabird captures via video observation. – Final report for the Southern Seabird Solutions Trust, 2016. – 27 p.
16. *Thompson D., McKenzie A.* Electronic monitoring of seabird captures. Audit of reviewed trips: Presentation to the Aquatic Environment Working Group (AEWG2018-16). – Prepared by NIWA for the Ministry for Primary Industries. – Wellington, 2018.
17. Pilot study to test the effectiveness of electronic monitoring in Canterbury fisheries / *H. McElderry, D. McCullough, J. Schrader, J. Illingworth* // DOC Research and Development Series 264. – Wellington: Department of Conservation, 2007. – P. 1–27.
18. *Tilander D., Lunneryd S.G.* Pilot study of Electronic Monitoring (EM) system for fisheries control on smaller vessels // 16th ASCOBANS advisory committee meeting (Brugge, Belgium, 20–24 April 2009). – Document AC16/Doc. 53(P), 2009. – P. 1–12.
19. *Oesterwind D., Zimmermann C.* Big brother is sampling – Rare seabird and mammal bycatch in Baltic Sea passive fisheries // Automated data acquisition to inform MSFD indicators. – Document ICES CM, 2013. – 23 pp.
20. *Pria M.J., Archibald K., McElderry H.* Using electronic monitoring to document inshore set net captures of Hector’s dolphins: Report prepared by Archipelago Marine Research for the Ministry for Primary Industries. – Wellington, 2014. – 49 p.
21. Remote electronic monitoring as a potential alternative to on-board observers in small-scale fisheries / *D.C. Bartholomew, J.C. Mangel, J. Alfaro-Shigueto, S. Pingo, A. Jimenez, B.J. Godley* // Biological Conservation. – 2018. – Vol. 219. – P. 35–45.
22. Assessing seabird bycatch in gillnet fisheries using electronic monitoring / *G. Glemarec, Kindt- L. Larsen, L.S. Lundgaard, F. Larsen* // Biological Conservation. – 2020. – Vol. 243. – E108461.
23. *McElderry H.* Electronic monitoring for salmon seine fishing a pilot study: Unpublished report prepared for Fisheries and Oceans. – Canada, Vancouver: Archipelago Marine Research Ltd, 2002. – 21 p.
24. Pilot study of an electronic monitoring system on a tropical tuna purse seine vessel in the Atlantic Ocean / *J. Ruiz, A. Batty, M. McElderry, V. Restrepo, N. Lezama, H. Murua, A. Urtizbera, X. Urrutia* // Collective Volume of Scientific Papers – ICCAT 69, 2013. – P. 1995–2032.
25. Minimum standards for the implementation of electronic monitoring systems for the tropical tuna purse seine fleet / *J. Ruiz, I. Krug, A. Justel-Rubio, V. Restrepo, G. Hammann, O. Gonzalez, G. Legoburu, P.J.P. Alayon, P. Bach, P. Bannerman, T. Galan* // Collective Volume of Scientific Papers – ICCAT 73, 2017. – P. 818–828.
26. Electronic monitoring of seabird interactions with trawl third-wire cables on trawl vessels – a pilot study / *H. McElderry, J. Schrader, D. McCullough, J. Illingworth, S. Fitzgerald, S. Davis*. – U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum: NMFS-AFSC-147, 2004. – 39 p.

27. Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea / *E.F. Melvin, K.S. Dietrich, S. Fitzgerald, T. Cardoso* // *Polar Biology*. – 2011. – Vol. 34. – P. 215–226.

28. *Артюхин Ю.Б.* Особенности взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова // *Известия ТИНРО*. – 2019. – Т. 197. – С. 219–232.

29. *Артюхин Ю.Б.* Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на промысле минтая и сельди в Охотском море в зимне-весенний период 2020 г. // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. – 2021. – № 57. – С. 44–53.

30. *Артюхин Ю.Б.* Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на траловых промыслах минтая и кальмара в северо-западной части Берингова моря в безледный период // *Труды ВНИРО*. – 2022. – Т. 188. – С. 98–109.

УДК 639.2.053.7

**П.А. Балыкин<sup>1</sup>, А.В. Старцев<sup>1</sup>, В.Н. Филатов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,  
Ростов-на-Дону, 344006;

<sup>2</sup> Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),  
Владивосток, 690091  
e-mail: balykin.pa@rambler.ru

## **ДИНАМИКА РОССИЙСКИХ УЛОВОВ В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЙ ЗОНЕ В XXI ВЕКЕ**

В работе показана роль Южно-Курильской зоны в отечественном рыболовстве. Охарактеризованы изменения величины и видового состава уловов. Для исследования взят период с 2001 по 2022 гг. Высказаны предположения о перспективах российского промысла в ближайшие годы.

**Ключевые слова:** Южно-Курильская рыбопромысловая зона, минтай, сайра, сардина-иваси, скумбрия, промысел, динамика уловов.

**P.A. Balykin<sup>1</sup>, A.V. Startsev<sup>1</sup>, V.N. Filatov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,  
Rostov-on-Don, 344006;

<sup>2</sup> Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO),  
Vladivostok 690091  
e-mail: balykin.pa@rambler.ru

## **DYNAMICS OF RUSSIAN CATCHES IN THE SOUTH KURIL ZONE IN THE XXI CENTURY**

The paper shows the role of the South Kuril zone in domestic fishing. The magnitude and changes in the species composition of catches are characterized. The period from 2001 to 2021 is taken for the study. Assumptions are made about the prospects for Russian fishing in the coming years.

**Key words:** South Kuril fishing zone, pollock, saury, sardine-ivasi, mackerel, fishery, catch dynamics.

Моря, окружающие Россию, являются районами экспедиционного или местного рыболовства. В 2022 г. российскими рыбаками было добыто 4,88 млн т рыбы и морепродуктов, что несколько меньше, чем в 2018–2021 гг. (4,92–5,05). Как и в предыдущие годы, главная часть добычи пришлась на Дальневосточный бассейн – более 70% суммарного улова.

Дальневосточная экономическая зона России включает в себя акватории Охотского, Японского и Берингова морей, тихоокеанские воды, омывающие Восточную Камчатку и Курильские острова. Ее деление было утверждено Приказом Минрыбхоза СССР № 408 от 09.09.1980 г., и в дальнейшем в него несколько раз вносились изменения. В настоящее время Схема рыбопромыслового районирования Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна включает следующие зоны и подзоны: 67.01 – зона Чукотская, 61.01 – зона Западно-Берингоморская, 61.02.1 – подзона Каргинская, 61.02.2 – подзона Петропавловско-Командорская, 61.03.1 – подзона Тихоокеанская (Северо-Курильская зона), 61.03.2 – подзона Охотоморская (Северо-Курильская зона), 61.04.1 – подзона Тихоокеанская (Южно-Курильская зона), 61.04.2 – подзона Охотоморская (Южно-Курильская зона), 61.05.1 – подзона Северо-Охотоморская, 61.05.2 – подзона Западно-Камчатская, 61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская, 61.05.4 – подзона Камчатско-Курильская, 61.06.1 – подзона Приморья (зона Японское море), 61.06.2 – подзона Западно-Сахалинская (зона Японское море).

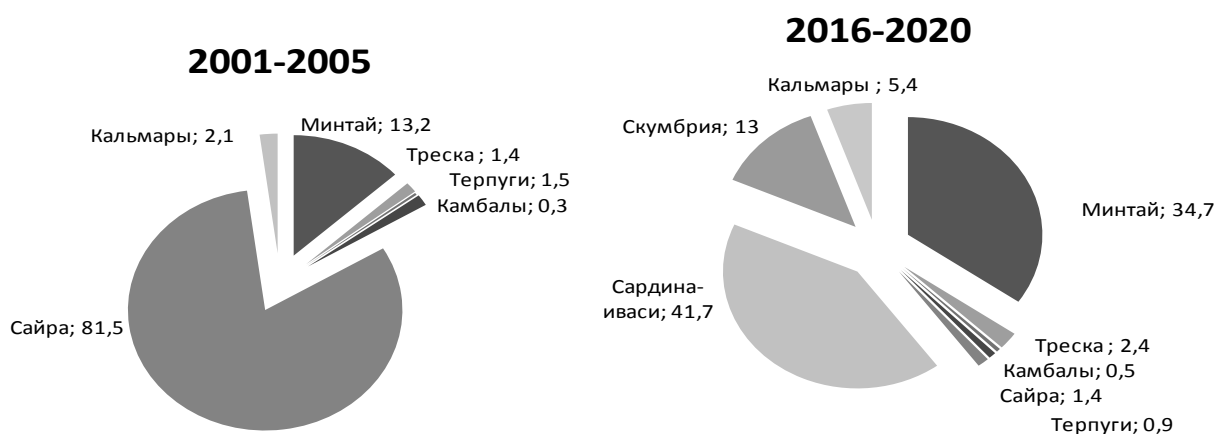
Южно-Курильская зона 61.04 расположена по соседству с Японией и включает две подзоны: 61.04.1 – подзона Тихоокеанская, 61.04.2 – подзона Охотоморская. Промысловая значимость



этого района довольно высока: в 2017–2021 гг. здесь добывалось от 2,8 до 9,9% суммарного российского улова на Дальнем Востоке. Кроме отечественных рыбаков, в этих водах ведут промысел японские и южнокорейские суда (в рамках межправительственных соглашений). В последние пять лет (2017–2021 гг.) ими добывалось от 4 до 21 тыс. т рыбы ежегодно. Таким образом, воды южных Курильских островов являются важным районом международного рыболовства.

Материалами послужила промысловая отчетность за прошедшие годы XXI столетия, опубликованная в «Обзорах промысловой обстановки на Дальневосточном бассейне», подготовляемых ТИПРО-центром (ныне – Тихоокеанский филиал ВНИРО, г. Владивосток) в период 2001–2012 гг. и размещаемая на официальном сайте Росрыболовства. (форма П-1 «Рыба») за 2013–2021 гг. Значения иностранных уловов приводятся по данным ВНИРО.

Российские уловы в Южно-Курильской зоне в прошедшие годы XXI в. изменялись от 92,5 (2001 г.) до 490,5 тыс. т (2020 г.), т. е. демонстрировали заметный рост в последние два десятилетия и увеличились более чем в пять раз. Такая динамика позволяет предположить изменения видового состава улова. В целях проверки этой гипотезы были усреднены сведения о видовом составе уловов в 2001–2005 и 2016–2020 гг. (рис. 1). Поскольку в исследуемом районе облавливаются несколько десятков морских промысловых объектов (видов и групп видов), для анализа использовали данные об уловах основных гидробионтов, называемых таковыми в научных публикациях [1–3]: минтай, трески, камбал, терпугов, сайры, сардины-иваси, скумбрии и кальмаров. Вклад данных видов и групп видов оценивается более чем в 90% суммарного годового улова в зоне Южно-Курильская [2].



Средняя доля (%) промысловых объектов в суммарном вылове в Южно-Курильской зоне в указанный период

Соотношение основных объектов промысла коренным образом изменилось в течение 20 лет. В первые годы текущего столетия более 80% добываемой рыбы составляла сайра, а в 2016–2020 гг. эта рыба стала второстепенным объектом промысла (рис. 1), тогда как доминировать, кроме и ранее довольно многочисленного минтая, стали сардина-иваси и скумбрия, составившие более половины объема добычи. Эти рыбы в промысловой отчетности Росрыболовства впервые зафиксированы в 2012 г., хотя в исследовательских ловах в небольшом количестве отмечались и ранее [4]. В 2021–2022 гг. уловы данных видов превысили 270 тыс. т. [5].

Нынешняя климатическая перестройка, проявившаяся в виде «глобального» потепления, хотя и отразилась на объемах вылова некоторых объектов, но существенно не повлияла на величину общего улова, что может свидетельствовать об устойчивости сырьевой базы российского рыболовства в дальневосточных морях [6]. Вероятно, и изменения состава уловов в водах Южных Курил связаны с этим процессом. Так, Управление рыбного хозяйства Японии, где уловы сайры упали до минимального уровня 1961 г., полагает, что возможное изменение океанских течений в связи с глобальным потеплением привело к перемещению промысловых участков дальше от берегов и снижению добычи [7]. С японскими специалистами солидарны исследователи Росгидромета. По их мнению, потепление вод дальневосточных морей России, продолжающееся на протяжении последних 30 лет, сильно воздействует на морские экосистемы. Климатические изменения морской среды оказывают влияние на миграции промысловых рыб, приводят к изменению ареалов разных видов водных биоресурсов и, как следствие, воздействуют на географию

рыбного промысла [8]. Изменения величины и состава российских уловов в Южно-Курильской зоне подтверждают мнение специалистов Росгидромета. В целом результаты промысла сардины и скумбрии свидетельствуют об устойчивом характере запасов этих видов рыб в дальневосточной ИЭЗ России в настоящее время и перспективности промысла. Низкие уловы сайры в настоящее время не связаны с состоянием ее ресурсов, а обусловлены преимущественным распределением нагульных скоплений этого вида рыб в открытых водах океана [3].

Вполне вероятно, что будущее рыболовной отрасли будет связано с изменением основных районов скоплений рыб и замещением одних видов рыб другими в традиционных районах лова. Поэтому чрезвычайно важно иметь долгосрочный прогноз состояния сырьевой базы [9]. Им должны заняться рыбохозяйственная наука совместно с институтами РАН. Целесообразно было бы создать программу совместных исследований и разработок в области прогнозирования и оценки состояния запасов и возможностей освоения перспективных водных биоресурсов.

### Литература

1. Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. – Южно-Сахалинск: Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2013. – 264 с.
2. Лисиенко С.В., Конинская О.Е. Исследование количественных и качественных показателей освоения ресурсного потенциала многовидовой промысловой системы «Южно-Курильская зона Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» в период 2015–2019 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2020. – Т. 54, № 4 – С. 12–17.
3. Великанов А.Я. Промысел морских биоресурсов и использование сырьевой базы рыболовства в Сахалино-Курильском регионе в первые десятилетия XXI века // Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск, 2021. – Т. 17 – С. 3–29.
4. Старцев А.В. Результаты биологических наблюдений поверхности океана на сайровой путине в районе южных Курильских островов // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем, Ростов-на-Дону, 5-8 июня 2007 г.: Тез. докл. Междунар. науч. конф. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. – С. 283–285.
5. Предварительные итоги вылова 2022 года – 4,88 млн тонн рыбы и морепродуктов [Электронный ресурс]. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2023/01/11/predvaritelnye-itogi-vylova-2022-goda-488-mln-tonn-ryby-i-moreproduktov/> (дата обращения: 5.02.2023)
6. Шунтов В.П., Иванов О.А. Климатические изменения и современное состояние биоты российских вод дальневосточных морей // Известия ТИНРО. – Владивосток, 2019 – Т. 197 – С. 83–107.
7. Вылов сайры в Японии оказался рекордно низким четвертый год подряд [Электронный ресурс]. – URL: <https://dalekayaokraina.ru/news/rybnaya-otrasl/vylov-sayry-v-yaponii-okazalsya-rekordno-nizkim-chetvertyy-god-podryad> (дата обращения: 5.02.2023).
8. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: Общее резюме / Росгидромет. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2022. – 124 с.
9. Бочаров Л.Н. Отраслевая наука должна работать на перспективу [Электронный ресурс] // Новости рыболовства. – 2022. – № 4. – URL: <https://fishnews.ru/interviews/881> (дата обращения: 5.02.2023).

УДК 629.584

**Р.А. Гараев, А.Д. Змеев**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: artem.klas10@gmail.com*

### **АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПОДВОДНОГО ДРОНА И РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ БИОСФЕРЫ КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

Состояние водной биосферы Камчатского края постоянно изменяется, поскольку технических прогресс не стоит на месте и потребности человека постоянно возрастают. В связи с этим необходим более комплексный подход к оценке водной среды. Отслеживание состояния водной биосферы является достаточно сложной задачей, требующей большого количества временных и экономических ресурсов. Разработка и дальнейшая эксплуатация подводного дрона и робота-манипулятора позволит значительно упростить эту задачу и вести отслеживание более эффективно.

**Ключевые слова:** водная биосфера, роботизированная техника, подводный дрон, робот-манипулятор.

**R.A. Garaev, A.D. Zmeev**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: artem.klas10@gmail.com*

### **RELEVANCE OF DEVELOPMENT OF AN UNDERWATER DRONE AND A ROBOT MANIPULATOR FOR TRACKING THE STATE OF THE AQUATIC BIOSPHERE OF KAMCHATKA KRAI**

The state of the aquatic biosphere of Kamchatka Krai is constantly changing, as technological progress does not stand still and human needs are constantly increasing, and therefore a more comprehensive approach to assessing the aquatic environment is needed. Monitoring the state of the aquatic biosphere is quite a complex task that requires a large amount of time and economic resources. The development and further operation of an underwater drone and a robot manipulator will significantly simplify this task and conduct tracking more efficiently.

**Key words:** aquatic biosphere, robotic technology, underwater drone, robot-manipulator.

Полуостров Камчатка с западного и восточного побережья омывается морями и океаном, в связи с чем состояние водной биосферы играет ключевую роль в целостном и непрерывном развитии данного края. Именно поэтому экологическое состояние водной биосферы является одним из важнейших параметров развития региона. Водная биосфера Камчатки обладает разнообразием видов растений и животных. В водах Камчатского края встречаются различные формы жизни, в том числе различные виды рыб, от которых в прямой зависимости находится экономика нашего края, поскольку именно рыбодобывающие комплексы являются основными в экономическом аспекте [1]. Общее состояние водной биосферы включает в себя совокупность различных факторов, начиная от химического состава внутренних вод и заканчивая многообразием морских популяций, так как при смещении природного или химического баланса может последовать гибель всех живых организмов [2]. Следовательно, необходимо отслеживать состояние водной биосферы и на основе полученных данных прогнозировать дальнейшие изменения состояния водной среды.

На данный момент все операции по ведению мониторинга водной биосферы проводятся непосредственно квалифицированными специалистами. Такой метод является достаточно ресурсозатратным и энергоемким, поскольку требуются дорогостоящее оборудование и профессионалы

с определенными навыками. Помимо этого, сбор соответствующих материалов водной среды требует непосредственного участия человека, что в свою очередь является небезопасным. В статье рассматриваются актуальность и эффективность эксплуатации разрабатываемых роботизированных подводных систем для отслеживания водной биосферы Камчатского края.

В качестве роботизированных систем для отслеживания состояния водной биосферы предлагаются подводный дрон с роботом-манипулятором. Сейчас в ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» на кафедре «Энергетические установки и электрооборудование судов» ведется работа над проектами: разработка подводного дрона модульной конструкции и разработка робота-манипулятора для работы в морских условиях. Эти два проекта являются смежными, поскольку расширяют функциональные возможности друг друга. Подводный дрон с модульной конструкцией предназначен для осмотра акваторий и нижней части корпусов судов, также он будет использоваться для транспортировки робота-манипулятора [3]. В свою очередь, данный манипулятор будет собирать образцы грунта, пробы воды и гидробионтов, а также поднимать и переносить различные объекты с морского дна [4]. Разработка данных проектов направлена на осуществление отслеживания состояния водной биосферы Камчатского края. На рис. 1 представлена визуализация подводного дрона с модульной конструкцией и робота-манипулятора.



Рис. 1. Визуализация подводного дрона с модульной конструкцией (слева) и робота-манипулятора (справа)

Макет подводного дрона уже собран и прошел серию испытаний. Корпус прототипа подводного дрона изготовлен из нержавеющей стали. В будущем, после завершения полного цикла испытаний, планируется покраска итогового образца в яркий цвет, поскольку в такой расцветке его видимость в мутной воде значительно повысится. Корпус устройства по предварительным расчетам способен выдержать давление на глубине до 100 м. На дрон установлены четыре электродвигателя, которые дают ему возможность передвигаться со скоростью 1,5 м/с практически бесшумно. Посадочные места для контроллеров электродвигателей, а также сами крепления электродвигателей изготовлены на 3D принтере из ABS-пластика. На борту макета установлена камера, способная записывать в условиях недостаточной видимости, масса всего устройства не превышает 8 кг. Управление дроном происходит с пульта управления, который состоит из платы управления, платы изображения, джойстика управления, ЖК-экрана и внутреннего аккумулятора. В дальнейшем на данный пульт будут добавлены кнопки управления и специальные контроллеры, являющиеся необходимыми для управления роботом-манипулятором.

В процессе разработки и сборки подводного дрона были налажены и отработаны основные моменты изготовления, которые в скором времени будут использоваться для сборки робота-манипулятора. Корпус и основные конструктивные элементы будут печататься на 3D принтере. Так же как и в случае с подводным дроном, все электронные узлы и конструкционные части будут герметичны за счет их последующей заливки герметизирующим веществом. В качестве этого элемента по результатам анализа были выбраны два варианта герметизации: силикон и эпоксидная смола. В результате ряда экспериментов как в соленой, так и в пресной воде выбор был сделан в сторону второго варианта. Несмотря на то, что эпоксидная смола и обладает большей массой, по сравнению с силиконом, а также более дорога в производстве и закупке, она обеспечивает полную герметизацию и более устойчива к коррозионному воздействию, что особенно важно в агрессивных условиях водной среды. На рис. 2 изображена герметизация элементов электроники двумя вариантами.

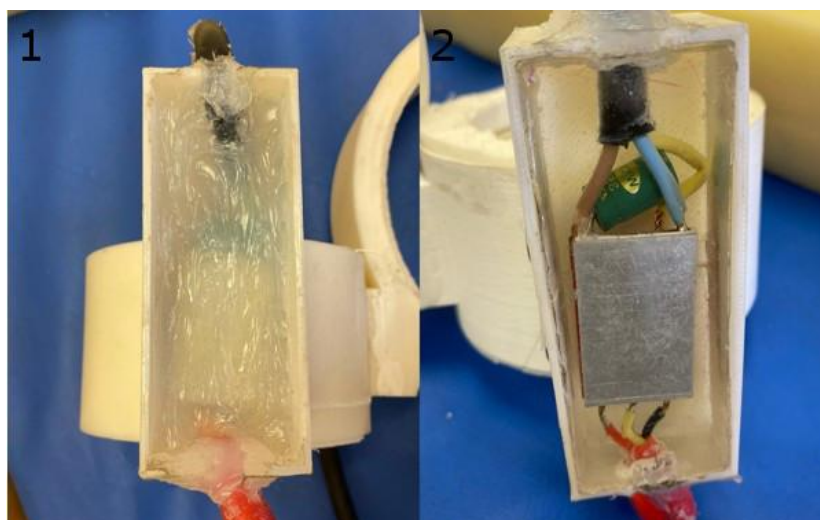


Рис. 2. Герметизация элементов электроники двумя вариантами: 1 – силикон; 2 – эпоксидная смола

За период летнего сезона проводились неоднократные испытания подводного дрона в условиях естественной его эксплуатации. Первичные испытания, направленные на герметичность конструкции и работоспособность бортовой камеры, проводились в условиях стационарного бассейна [5]. Далее команда разработчиков неоднократно выезжала в морской порт, где проводились испытания, направленные на повышение устойчивости подводного дрона морским волнам. На рис. 3 представлена фотография подводного дрона в морских условиях.



Рис. 3. Фотография подводного дрона в морских условиях

В ходе испытаний были выявлены основные конструктивные недочеты. У макета подводного дрона был смещен центр тяжести, в связи с чем наблюдался постоянный крен на левый борт и дифферент на нос. Данные недостатки были устранены путем баланса всей конструкции с помощью правильного монтажа находящегося внутри корпуса встроенного аккумулятора. В процессе испытаний команда разработчиков предприняла попытку провести осмотр акватории морского порта, в результате чего столкнулась с плохим качеством изображения, записываемого на бортовую камеру. Было принято решение о необходимости установки централизованного источника освещения для подводного дрона.

Впоследствии проводились испытания по подбору источника освещения для подводного дрона. Данные испытания проходили в Юлькином озере (Елизовский район, пос. Раздольный). Испытания осуществлялись с тремя вариантами освещения, которые отличались своей конструкцией и мощностью. Все варианты освещения предварительно были загерметизированы и поочередно устанавливались на подводный дрон. В качестве проверки подходящего источника освещения для исследования использовалась стальная пластина, с наглядными коррозионными процессами для эмуляции корпуса судна, которая опускалась в воду на глубину порядка 2 м [6, 7]. Соответственно, на эту глубину погружался подводный дрон с установленным световым

прожектором на расстоянии от пластины 0,5 и 1 м, и бортовая камера записывала материал на внешний жесткий диск. Результаты этих испытаний описаны в статье «Ряд натурных испытаний по подбору мощности освещения для подводного дрона модульной конструкции», которая опубликована в сборнике Пятой научно-технической конференции «Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития». Стоит отметить, что во время испытаний было принято решение комбинировать различные источники освещения ближнего и дальнего света.

Подводный дрон с роботом-манипулятором в Камчатском крае сделает возможным реализацию постоянного наблюдения, а также сильно упростит данную задачу. Использование этих устройств совместно позволит выполнять все основные задачи мониторинга:

1. Постоянное отслеживание состояния водной биосферы и ее изменений, отслеживание причин, чем были вызваны те или иные изменения, а также их характера;
2. Сбор, обработку и систематизирование поступающих данных;
3. Оценку изменений, составление прогноза изменений состояния водной биосферы.

Данная совокупность роботизированных систем поможет не только сохранить, но и в будущем улучшить состояние водной среды Камчатки, поскольку с их помощью становится возможным вести постоянное и систематизированное отслеживание. Постоянный сбор и анализ данных биосферы нашего региона – залог экологического благополучия всего Камчатского края.

Подводя итог вышесказанному, хочется еще раз отметить, что использование роботизированных систем, представленных в статье, позволит осуществлять отслеживание состояния водной биосферы Камчатского края в более короткие сроки и с меньшими материальными затратами, по сравнению с непосредственным участием специально обученных профессионалов, а также позволит снизить время на подготовку и транспортировку к нужному объекту. Также стоит помнить, что постоянное отслеживание водной среды с использованием подводного дрона и робота-манипулятора позволит более точно прогнозировать дальнейшее изменение ее состояния. И наконец, отслеживание посредством данных технических систем значительно снизит травматизм и сохранит многообразие видов камчатской водной биосферы.

### Литература

1. О государственной программе Камчатского края «Развитие рыбохозяйственного комплекса Камчатского края: Постановление Правительства Камчатского края в ред. № 566-П от 22.12.2021. – 2013. – 18 с.
2. Байдалинова Л.С. Биохимия гидробионтов. Лабораторный практикум: Учебное пособие. – М.: Моркнига, 2018. – 336 с.
3. Змеев А.Д., Рогожников А.О. Перспектива использования подводных дронов для оценки технического состояния антикоррозийной защиты судна // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 25–26 октября 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2022. – С. 109–112.
4. Гараев Р.А., Рогожников А.О. Перспектива использования робота-манипулятора в различных отраслях // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Пятой междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 18–21 октября 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2022. – С. 57–61.
5. Змеев А.Д., Рогожников А.О., Ястребов Д.П. Разработка и организация испытаний подводного дрона модульной конструкции // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XIII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 22–23 марта 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2022. – С. 97–101.
6. Белов О.А. Современное состояние организации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2017. – № 3 (118). – С. 115–120.
7. Способ контроля защищенности стальных корпусов кораблей и судов от электрохимической коррозии и электрокоррозии: Патент на изобретение RU 2643709 С1 / О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина. 05.02.2018. Заявка № 2017115308 от 28.04.2017.

УДК 639.3.06:(001.89:004.31+004.6)

А.А. Недоступ<sup>1</sup>, А.О. Ражев<sup>2</sup>, А.А. Багрова<sup>2</sup>, Д.Е. Васильев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022;

<sup>2</sup> ООО «Лаборатория цифровых технологий»,  
Калининград, 236022  
e-mail: root@digitechlab.ru

## К ТЕОРИИ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ГИДРОБИОНТОВ. ЧАСТЬ I

В процессе исследований биомеханических характеристик гидробионтов возникает необходимость в применении теории подобия живых объектов. Наряду с теорией подобия соблюдается теория размерностей. Рассматривается мультифизическое подобие гидробионтов, основанное на теории физического подобия А.А. Недоступа. Главной задачей исследования механики и гидродинамики живых систем (гидробионтов) в водной среде является автоматизация сбора статистики с последующей визуализацией характеристик гидробионтов с применением технологий дополненной реальности. На основании теории подобия разработаны правила физического подобия, получены критерии подобия в отношении геометрических, механических, гидроакустических, гидродинамических, термодинамических, оптических характеристик гидробионтов. Важная составляющая подобия состоит в сохранении у модели физической природы явлений оригинала.

**Ключевые слова:** правила подобия, мультифизическое подобие, гидробионт.

A.A. Nedostup<sup>1</sup>, A.O. Raghev<sup>2</sup>, A.A. Bagrova<sup>2</sup>, D.E. Vasiliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University  
Kaliningrad, 236022;

<sup>2</sup> DigiTech Laboratory, LLC,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: root@digitechlab.ru

## TO THE THEORY OF MULTIPHYSICAL SIMILARITY OF HYDROBIONTS. PART I

In the process of studying the biomechanical characteristics of aquatic organisms, it becomes necessary to apply the theory of similarity of living objects. Along with the theory of similarity, the theory of dimensions is observed. The multiphysical similarity of hydrobionts based on the theory of physical similarity of A.A. Nedostup is considered. The main task of studying the mechanics and hydrodynamics of living systems (hydrobionts) in the aquatic environment is to automate the collection of statistics with subsequent visualization of the characteristics of hydrobionts using augmented reality technologies. Based on the theory of similarity, the rules of physical similarity have been developed, similarity criteria have been obtained for the geometric, mechanical, hydroacoustic, hydrodynamic, thermodynamic and optical characteristics of hydrobionts. An important component of similarity is that the model retains the physical nature of the original phenomena.

**Key words:** similarity rules, multiphysical similarity, hydrobionts.

Изучение поведения рыб может сыграть важную роль в улучшении нашего понимания эксплуатируемой экосистемы УЗВ и принятии экосистемного подхода к управлению рыбоводством [1]. Исследования ученых направлены на изучение поведения гидробионтов как в натуральных условиях, так и с помощью математического и имитационного моделирования. Особенно это важно в эксплуатируемых экосистемах УЗВ. Важная задача и цели, связанные с поведением рыб, могут быть эффективно включены в оценку продуктивности УЗВ. Основное внимание должно быть уделено не только определению взаимосвязи между поведением рыб и автоматизацией УЗВ с точки зрения изменчивости подачи кормов, температуры воды, но и разработке более экологически чистых и комфортных для обитания УЗВ. С применением технологий машинного

зрения и слуха возможно более углубленно и детально изучать поведение и физиологию рыбы, ее движения, световое и звуковое восприятие. Подобные исследования имеют как практическое применение, так и носят фундаментальный характер, влияя на научную оценку поведения живых организмов в целом и гидробионтов в частности.

Разделим исследования поведения гидробионтов одного вида в области физического моделирования на группы:

1. Методы наблюдения, лабораторные и экспериментальные исследования одной особи.
2. Влияние группового поведения и поведенческих взаимодействий в понимании временных и пространственных взаимодействий гидробионтов, динамики гидробионтов.
3. Исследования поведения рыбы при влиянии на нее мультифизических факторов, связанных с раздражителями, мотивационными эффектами и конфликтами между гидробионтами.
4. Мультифизическое моделирование характеристик и процессов гидробионтов [2–8].
5. Оценка масштабного эффекта мультифизического моделирования характеристик и процессов гидробионтов.

Для обоснования правил физического подобия гидробионтов одного вида необходимо разделить физические параметры и характеристики гидробионтов. При рассмотрении подобия биомеханики гидробионтов при динамическом подобии через масштаб линейных характеристик  $C_l$ : механических величин; гидродинамических величин; термодинамических величин; световых величин; акустических величин; оптических величин.

На основании масштабов мультифизического подобия гидробионтов определены критерии подобия гидробионтов. В процессе исследований биомеханических характеристик гидробионтов возникает необходимость в применении теории подобия живых объектов. Критерии подобия биомеханики гидробионтов определены на основании теории размерности физических величин. Данный способ основывается на сокращении размерностей физических величин и обеспечивает выполнение отношений параметров.

Для обоснования правил физического подобия гидробионтов одного вида необходимо разделить физические параметры и характеристики гидробионтов. При рассмотрении подобия биомеханики гидробионтов на основании теории размерности получены масштабы подобия гидробионтов при динамическом подобии через масштаб геометрических характеристик  $C_l$ : механических величин; гидродинамических величин; термодинамических величин; световых величин; акустических величин; оптических величин.

Рассматриваем один вид гидробионта. За натуру « $n$ » берем половозрелую рыбу, за модель « $m$ » сеголетку гидробионта (рис. 1).



*Модель гидробионта (сеголетка карпа)*



*Натурный гидробионт (половозрелая рыба – карп)*

*Рис. 1. Натура и модель гидробионта*

За линейный масштаб  $C_l$  принимаем отношение геометрических характеристик гидробионтов (рис. 2).



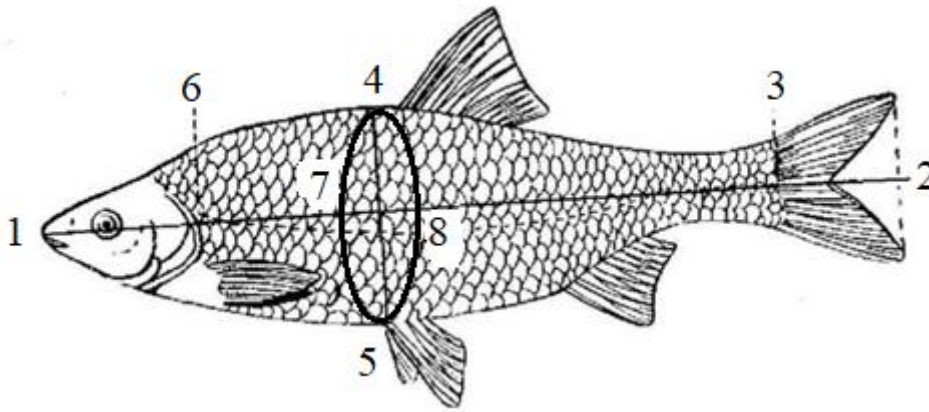


Рис. 2. Геометрические характеристики гидробионта: 1-2 – зоологическая длина тела ( $L$ ); 1-3 – длина тела без хвостового плавника, промысловая длина ( $l$ ); 4-5 – наибольшая высота тела ( $H$ ); 1-6 – длина головы ( $C$ ); 7-8 – наибольшая толщина тела ( $Z$ )

Масштаб линейных размеров  $C_l$  определяется, исходя из выражения

$$C_l = \frac{L_n}{L_m} = \frac{l_n}{l_m} = \frac{H_n}{H_m} = \frac{C_n}{C_m} = \frac{Z_n}{Z_m}.$$

При этом масштаб, где  $C_b$ , определяется отношением характеристик «н»/«м». Масштаб плотности тела рыбы равен  $C_p = 1$ .

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00010, <https://rscf.ru/project/23-21-00010/>.

### Литература

1. Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 02.07.2013 № 148-ФЗ (последняя редакция).
2. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высш. шк., 1973. – 296 с.
3. Математические основы теории подобия / М.В. Кирпичев, П.К. Конаков. – М. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 106 с.
4. Недоступ А.А. Правила физического моделирования динамических процессов рыболовства // Рыбное хозяйство. – № 4. – 2011. – С. 97–98.
5. Недоступ А.А., Ражев А.О. К теории термодинамического подобия установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Известия КГТУ. – 2020. – № 57. – С. 40–53.
6. Недоступ А.А., Ражев А.О., Хрусталеv Е.И. Обоснование масштабов подобия световых величин установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2020. – № 3. – С. 61–69.
7. Недоступ А.А., Ражев А.О., Хрусталеv Е.И. Обоснование масштабов подобия акустических величин в установках для выращивания гидробионтов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2020. – № 4. – С. 29–36.
8. Обоснование масштабов подобия оптических величин в установках для выращивания гидробионтов / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, Е.И. Хрусталеv, К.А. Молчанова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2021. – № 1. – С. 7–12.

УДК 639.3.06:(001.89:004.31+004.6)

А.А. Недоступ<sup>1</sup>, А.О. Ражев<sup>2</sup>, А.А. Багрова<sup>2</sup>, Д.Е. Васильев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022;

<sup>2</sup> ООО «Лаборатория цифровых технологий»,  
Калининград, 236022  
e-mail: root@digitechlab.ru

## К ТЕОРИИ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ГИДРОБИОНТОВ. ЧАСТЬ II

На основании масштабов мультифизического подобия гидробионтов определены критерии подобия гидробионтов. В процессе исследований биомеханических характеристик гидробионтов возникает необходимость в применении теории подобия живых объектов. На основании теории размерности физических величин, применяемых при описании биомеханики гидробионтов, определены критерии подобия. Авторами статьи представлены критерии мультифизического подобия гидробионтов, полученные с учетом преобразования физических величин относительно масштаба геометрических характеристик. Приведены зависимости роста и темпа роста (первой производной роста по времени) особи от ее возраста на примере карпа кои. Делается вывод, что качественная картина мультифизического подобия и сопоставление результатов экспериментальных данных подтверждает возможность моделировать гидробионты одного вида для исследования их поведенческих характеристик.

**Ключевые слова:** правила подобия, мультифизическое подобие, гидробионт.

A.A. Nedostup<sup>1</sup>, A.O. Raghev<sup>2</sup>, A.A. Bagrova<sup>2</sup>, D.E. Vasiliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022;

<sup>2</sup> DigiTech Laboratory, LLC,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: root@digitechlab.ru

## TO THE THEORY OF MULTIPHYSICAL SIMILARITY OF HYDROBIONTS. PART II

Based on the scale of the multiphysical similarity of hydrobionts, the criteria for the similarity of hydrobionts are determined. In the process of studying the biomechanical characteristics of hydrobionts, there is a need to apply the theory of similarity of living objects. Based on the theory of dimensionality of physical quantities used in the description of biomechanics of hydrobionts, similarity criteria are determined. The authors of the article present criteria for the multiphysical similarity of hydrobionts obtained taking into account the transformation of physical quantities relative to the scale of geometric characteristics. The dependences of the growth and growth rate (the first derivative of growth in time) of an individual on its age are given on the example of koi carp. It is concluded that the qualitative picture of the multiphysical similarity and the comparison of the results of experimental data confirms the possibility of modeling hydrobionts of the same species to study their behavioral characteristics.

**Key words:** similarity rules, multiphysical similarity, hydrobionts.

Исследованиями, посвященными биомеханике, занимаются ученые как в Российской Федерации, так и за рубежом [1–11]. Мультифизическое подобие гидробионтов основано на выполнении критериев подобия механических, гидродинамических, трибологических, термодинамических и других процессов. Все критерии подобия удобно представлять в индикаторном виде через масштаб линейных характеристик  $C_l$ , обозначенные в индикаторном виде [12–15]:

– подобия механических, гидродинамических и трибологических величин гидробионтов

$$Ne \rightarrow \frac{C_R C_t^2}{C_m C_l}; \quad Eu \rightarrow \frac{C_{\Delta p}}{C_p C_v^2}; \quad Fr = \frac{C_v^2}{C_g C_l}; \quad Sh \rightarrow \frac{C_f C_l}{C_v}; \quad Re \rightarrow \frac{C_l C_v}{C_v}; \quad Rk \rightarrow \frac{C_f C_l^2}{C_v}; \quad Ru \rightarrow \frac{C_p C_v^2}{C_p};$$

$$Sk \rightarrow \frac{C_p C_l^2 C_v}{C_\mu C_l}; \quad Br \rightarrow \frac{C_\mu C_v^2}{C_\chi C_{\Delta T}}; \quad Ki \rightarrow \frac{C_p C_R}{C_\mu^2}; \quad La \rightarrow \frac{C_\sigma C_p C_l}{C_\mu^2}; \quad We \rightarrow \frac{C_p C_l C_v^2}{C_\sigma}; \quad Ca \rightarrow \frac{C_p C_v^2}{C_{Kc}};$$

$$Ec \rightarrow \frac{C_v^2}{C_c C_{\Delta T}}; \quad P^{El} \rightarrow \frac{C_R}{C_E C_l^2};$$

- подобия термодинамических величин гидробионтов  $Nu_l \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}; \quad Pe \rightarrow \frac{C_v C_l}{C_\alpha};$

$$St \rightarrow \frac{C_a}{C_{Cp} C_p C_v}; \quad Bi \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}; \quad Le \rightarrow \frac{C_\alpha}{C_{Di}}; \quad Sc \rightarrow \frac{C_v}{C_{Di}}; \quad Pr \rightarrow \frac{C_v}{C_\alpha}; \quad Fo \rightarrow \frac{C_a C_t}{C_l^2}; \quad Gc \rightarrow \frac{1}{C_\beta C_{\Delta T}};$$

- подобия световых величин гидробионтов  $\Pi_1^{Sh} \rightarrow \frac{C_{Ev}}{C_{Mv}}; \quad \Pi_2^{Sh} \rightarrow \frac{C_{Iv}}{C_{\Phi v}};$

- подобия акустических величин гидробионтов  $Re \rightarrow \frac{C_l C_v}{C_v}; \quad Eu \rightarrow \frac{C_{\Delta p}}{C_p C_v^2}; \quad Sh \rightarrow \frac{C_f C_l}{C_v};$

$$M \rightarrow \frac{C_v}{C_{ac}};$$

- оптических величин гидробионтов  $\Pi_1^{Op} \rightarrow \frac{C_{Ev}}{C_{Mv}}; \quad \Pi_2^{Op} \rightarrow \frac{C_{Iv}}{C_{\Phi v}};$

- производительности биомеханических сил  $Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_w C_t}; \quad Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_v};$

где масштабы:  $C_R$  - биомеханических сил;  $C_l$  - геометрических характеристик гидробионтов;  $C_m$  - массы особи;  $C_t$  - времени процесса;  $C_w$  - ускорения особи;  $C_p$  - плотности рыбы;  $C_v$  - скорости движения;  $C_{\Delta p}$  - разности давлений;  $C_f$  - частоты циклических изменений формы тела и плавников рыбы;  $C_p$  - давления;  $C_g$  - ускорения свободного падения;  $C_\alpha$  - температуропроводности среды обитания и тела особи;  $C_\mu$  - динамической вязкости воды (с учетом солёности);  $C_\chi$  - удельной теплопроводности среды обитания и тела особи;  $C_{\Delta T}$  - разности конечной и начальной температур гидробионта и среды обитания;  $C_\sigma$  - поверхностного натяжения воды;  $C_v$  - кинематической вязкости водной среды;  $C_c$  - удельной теплоемкости;  $C_E$  - линейных упругостей тела гидробионта;  $C_{HB}$  - твердости скелета;  $C_{Cp}$  - удельной теплоемкости среды;  $C_{Kc}$  - объемного модуля упругости тела гидробионта;  $C_{Di}$  - коэффициентов диффузии;  $C_\beta$  - коэффициентов теплового расширения тканей;  $C_{Ev}$  - освещенности;  $C_{Mv}$  - светимости;  $C_{Iv}$  - силы света;  $C_{ac}$  - скорости звука;  $C_N$  - мощности гидробионтов;  $C_a$  - коэффициента теплоотдачи (воды и особи);  $C_{\Phi v}$  - светового потока.

Под моделью гидробионта понимаем молодь рыбы одного вида, соответствующего виду (рис. 1). Рассмотрим экспериментальные данные по росту карпа кои [16]. Темпы роста можно увидеть на следующих графиках (рис. 2 и 3). Зависимость роста карпа кои от возраста приводится на рис. 2. Физическое моделирование роста карпа кои изображено на рис. 4 и 5.

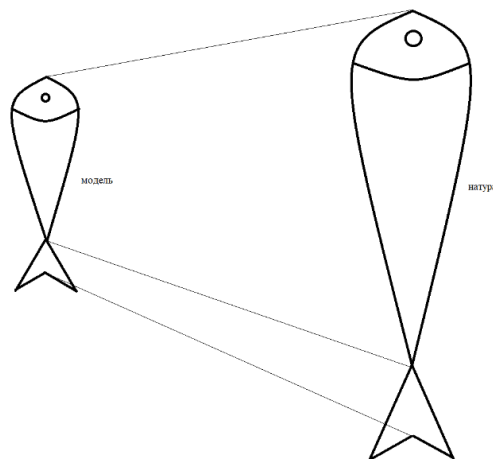


Рис. 1. Модель и натура гидробионта

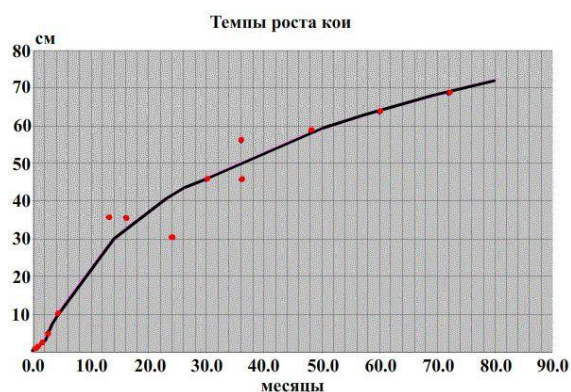


Рис. 2. Зависимость роста карпа кои (см) от возраста (месяцы)

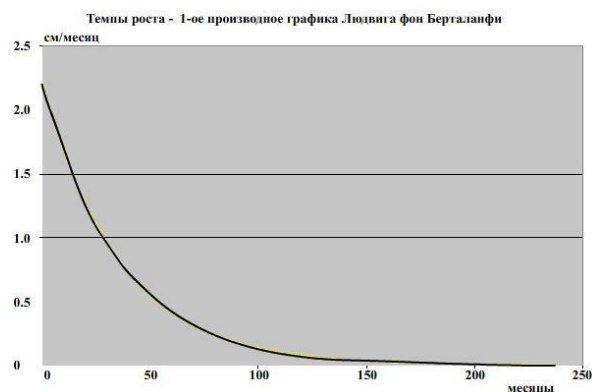


Рис. 3. Зависимость темпа роста карпа кои (в см/месяц) от возраста (месяцы)

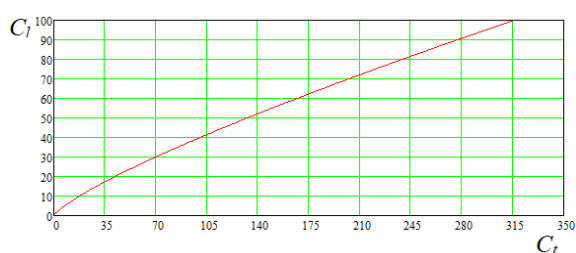


Рис. 4. Зависимость  $C_1 = f(C_t)$

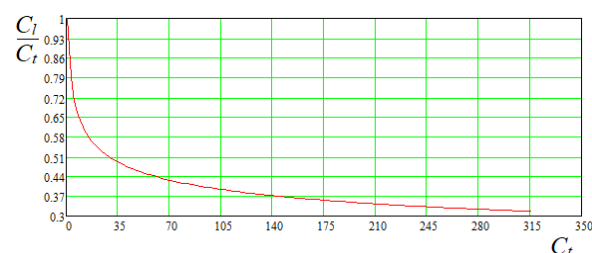


Рис. 5. Зависимость  $C_1 / C_t = f(C_t)$

На графиках на рис. 2 и 3 изображены зависимости роста особи (ее длины в сантиметрах) и первой производной по времени – темпа роста в см/мес от возраста в месяцах. Черным цветом отображены графики, построенные на основании эмпирического уравнения. Экспериментальные данные о карпе кои, взятые из литературных источников [16], отображены на графиках красными точками.

Исходя из рис. 2–5, можно сделать вывод, что качественная картина мультифизического подобия и сопоставление результатов экспериментальных данных [16] подтверждают возможность моделировать гидробионты одного вида для исследования их поведенческих характеристик.

Исследование выполнено в ООО «ЛЦТ» за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00010, <https://rscf.ru/project/23-21-00010/>.

### Литература

1. Аминева В.А., Яржомбек А.А. Физиология рыб. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 200 с.
2. Узбб П.У. Корреляция между формой и функцией плавания у рыб // В мире науки. – 1984. – № 9. – С. 34–48.
3. Формирование управляемой информационной среды гидробионтов как основа повышения эффективности рыболовства и аквакультуры: Монография / В.А. Шутов, С.Ю. Кузьмин, Д.Н. Востроушкин. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 307 с.
4. Голованов В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. – М.: Полиграф-Плюс, 2013. – 300 с.
5. Яржомбек А.А. Образ жизни и поведение промысловых рыб. – М.: Изд-во ВНИРО, 2016. – 200 с.
6. Радаков Д.В. Стайность рыб как экологическое явление. – М.: Наука, 1972. – 174 с.
7. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М.: МГУ, 1975. – 333 с.
8. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. – Т. 1. – 481 с.

9. Павлов Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. – М.: Наука, 1979. – 319 с.

10. Algorithms for tracking of fish path using image processing / S. Abdelaziz, Al-Nuaimi, P. Chugh, M.D. Bui, P. Rutschma // Proc. of the 2nd IAHR European Congress, 27. – 29.6.2012, TU München / Eds.: Peter Rutschmann, Markus Grünzner, Stephan Hötzl. – München: Eigenverlag, Lehrstuhl u. Versuchsanstalt f. Wasserbau u. Wasserwirtschaft d. TU München, 2012, Topic Ecohydraulics, Paper D10, p. 6.

11. Forecasting 3D fish movement behavior using a Eulerian-Lagrangian-agent method / R.A. Goodwin, J.M. Nestler, J.J. Anderson, L.J. Weber, D.P. Loucks // Ecol. Model. – 2006. – Vol. 192. – P. 197–223.

12. Недоступ А.А., Ражев А.О. К теории термодинамического подобия установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Известия КГТУ. – 2020. – № 57. – С. 40–53.

13. Недоступ А.А., Ражев А.О., Хрусталеv Е.И. Обоснование масштабов подобия световых величин установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2020. – № 3. – С. 61–69.

14. Недоступ А.А., Ражев А.О., Хрусталеv Е.И. Обоснование масштабов подобия акустических величин в установках для выращивания гидробионтов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2020. – № 4. – С. 29–36.

15. Обоснование масштабов подобия оптических величин в установках для выращивания гидробионтов / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, Е.И. Хрусталеv, К.А. Молчанова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань: АГТУ, 2021. – № 1. – С. 7–12.

16. URL: <https://aquavitro.org/2014/09/21/rost-koi/>

УДК: 539.3/6:629.5.03

**Л.А. Пожидаева, И.А. Солодилов, А.В. Костенко**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА**

В работе выполнен анализ условий и режимов эксплуатации судовых валопроводов, обоснована необходимость разработки интеллектуальной системы контроля динамических характеристик судового валопровода.

**Ключевые слова:** валопровод судовой, нагрузки эксплуатационные, режимы работы, колебания крутильные, резонанс, балансировка динамическая.

**L.A. Pozhidaeva, I.A. Solodikov, A.V. Kostenko**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **ON THE QUESTION OF CREATING AN INTELLIGENT SYSTEM FOR MONITORING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE SHIP SHAFTING**

The paper analyzes the conditions and modes of operation of ship shafting, substantiates the need to develop an intelligent system for monitoring the dynamic characteristics of ship shafting.

**Key words:** ship shafting, operational loads, operating modes, torsional vibrations, resonance, dynamic balancing.

Судовая энергетическая установка (СЭУ) представляет собой сложный комплекс, обеспечивающий получение в необходимом количестве механической, электрической и тепловой энергии и оказывающий существенное влияние на технико-эксплуатационные и экономические показатели судов. СЭУ включает в себя главное или пропульсивное устройство, энергия которого приводит в работу движитель, и вспомогательные установки, энергия которых используется для механизмов и агрегатов, обеспечивающих нормальную работу пропульсивного устройства (ПУ), а также для обслуживания потребителей, состав которых определяется назначением судна.

Одним из главных элементов СЭУ является валопровод, отвечающий за передачу крутящего момента двигателя гребному винту и развиваемого винтом упора корпусу судна.

Очевидно, что надежность валопровода существенно влияет не только на надежность СЭУ, но и судна в целом. Потеря работоспособности валопровода повлияет отрицательно на ходовые качества судна и может привести к потере хода судна. При этом восстановление работоспособности валопровода связано с простоями судна, а значит с убытками, если речь идет о рыболовном судне. Кроме этого, процесс ремонта достаточно сложен, особенно для крупнотоннажных судов.

Поэтому решение проблем, связанных с диагностикой, ремонтом, монтажом и проектированием валопроводов, является актуальной задачей.

Решение этих проблем зависит от учета нагрузок, действующих на валопровод при эксплуатации.

*Цель статьи* – выполнить анализ условий и режимов эксплуатации судовых валопроводов, обосновать необходимость разработки интеллектуальной системы контроля динамических характеристик валопровода гребного винта.

Валопровод работает под воздействием различных нагрузок:

- крутящего момента, изгибающих сил, вибраций;
- крутильных, продольных, поперечных и осевых колебаний.

Особенности путей решения указанных проблем зависят от конструктивных особенностей валопроводов, которые, в зависимости от конструкции двигателей и их компоновки, могут быть одновальными и многовальными.

В целом валопровод представляет собой систему валов, соединенных в одну линию. В состав входят гребной вал, соединенный с гребным движителем (гребным винтом), упорный вал, через который осевое усилие передается на корпус судна, промежуточные валы и подшипники. В таблице приведены описание нагрузок на валопровод и их характеристики [1].

**Нагрузки на валопровод**

Нагрузка	Природа возникновения	Краткая характеристика
Нагрузки изгибные	– неровная укладка вала; – деформация корпуса судна из-за загрузки, – деформация корпуса судна из-за действия волн; – дополнительная деформация вследствие аварийного повреждения корпуса	– знакопеременный характер (за один оборот) и вызывают знакопеременные напряжения; – значительные изгибы валопровода приводят к неравномерной нагрузке и перегреву опорных подшипников
Кручение	Передача крутящего момента к гребному винту	Самая большая составляющая в напряжении – около 50% от всех видов напряжений
Колебания крутильные	Действие периодических сил из-за работы коленчатого вала и винта, что ведет к закручиванию и раскручиванию участков валопровода	Напряжения характеризуются циклическим действием
Колебания продольные	Причиной являются знакопеременные силы работы коленчатого вала и винта	Вызваны продольными составляющими сил, вызывают циклические напряжения
Колебания поперечные	– небаланс из-за погрешностей механической обработки, неоднородности материала и т. д.; – нарушение баланса при установке оборудования или при демонтаже деталей; – неравномерное поле скоростей потока в районе винта	Особо опасна критическая частота вращения, приводящая к биению вала

Отдельно обязательно следует рассматривать явление резонанса из-за крутильных и продольных колебаний.

Крутильные колебания оказывают значительное влияние на надежность и работоспособность элементов валопровода, и поэтому исследование таких колебаний является также научной прикладной задачей, важность решения которой подтверждается Регистром. В частности в 8 разделе части VII «Правила классификации и постройки морских судов» изложены требования к расчету крутильных колебаний [2].

Особенность появления крутильных колебаний связана с тем, что они неизбежно появляются при эксплуатации валопровода вследствие работы ПУ и будут иметь место даже при идеальной балансировке валов и элементов валопровода и при идеальном их монтаже, поскольку связаны с особенностями организации рабочего цикла ПУ.

Наиболее опасным явлением при вынужденных колебаниях является высокая вероятность возникновения резонанса – когда вынужденные колебания совпадают со свободными колебаниями системы. При этом необходимо знать частоту вращения вала, при которой резонанс возникает – резонансную частоту вращения – чтобы при эксплуатации избегать работы валопровода на резонансных частотах.

Эксплуатационные нагрузки на валопровод зависят от режимов и условий его работы. Режим работы валопровода определяется режимами работы ПУ и гребного винта. На рисунке представлены режимы работы СЭУ на примере судового дизельного двигателя.

Гребной винт работает при таких режимах: швартовный режим, основной режим переднего хода, режим нулевого упора, режим нулевого момента. На каждом режиме действуют специфические нагрузки, также влияющие на работу валопровода.



*Режимы работы судового дизельного двигателя*

Расчет крутильных колебаний предполагает сравнение расчетных значений амплитуд, моментов и напряжений с допускаемыми значениями. Напряжения, которые возникают в материале валопровода можно разложить на две составляющие:

- статическая – создается передаваемым средним крутящим моментом;
- динамическая – определяется переменной частью крутящего момента.

Возникающие крутильные колебания накладываются на статическую составляющую. Поэтому для случая крутильных колебаний, особенно при резонансах, достаточно нормировать только динамическую часть напряжений, а учет среднего момента производится по заданному коэффициенту.

Таким образом, статическая нагрузка на валопровод соответствует среднему крутящему моменту и создается на установившихся режимах работы. А динамическая нагрузка создается на неустановившихся режимах или аварийных. Сложность учета динамических нагрузок связана с множеством факторов, которые нужно учитывать, и необходимостью создания математической модели, которая позволила бы проводить анализ работы валопровода на всех возможных режимах работы с учетом действия разных факторов.

Исследование динамики крутильных колебаний валопроводов предполагает использование математических моделей, которые с обоснованными упрощениями позволяют заменить реальную схему валопровода на расчетную. Например, модель с распределенными и сосредоточенными массами [3, 4]. В этом случае динамическая задача сводится к решению дифференциального уравнения второго – четвертого порядка в частных производных, для решения которого используют точные и приближенные методы расчета.

Помимо вышеизложенного необходимо добавить, что при износе в процессе эксплуатации, а также после выполнения ремонтных работ требуется статическая и динамическая балансировка гребного винта. Данная операция является трудоемкой и требующей специального дорогостоящего оборудования, что предопределяет проблему динамической балансировки в условиях судоремонтных предприятий. Например, на судоремонтных предприятиях Камчатского края отсутствуют стенды для динамической балансировки, и разработка системы контроля динамических характеристик валопровода и гребных винтов, включающей соответствующее оборудование и методику балансировки винтов на основе активного мониторинга амплитудно-частотных характеристик валопровода, позволит выполнять балансировочные работы в собранном состоянии действующего устройства без специального оборудования, используемого в судостроении.

Валопровод является одним из особенно ответственных узлов судна, подвергающегося среди прочего негативным воздействиям крутильных колебаний, в том числе резонансных явлений. На основе полученных при моделировании работы валопровода результатов и с учетом проведения экспериментальных измерений есть возможность разработки интеллектуальной системы контроля динамических характеристик валопровода, которую возможно будет использовать для балансировки валов в условиях судоремонтных заводов.



### Литература

1. Судновий механік: Довідник / Авт. кол.: За ред. А.А. Фока, д.т.н., суд. ст. механика. – У 3-х т. – Т. 1. – Одеса: Фенікс, 2008. – 1036 с. (рос. мовою).
2. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII. Механические установки. НД № 2-020101-152. – Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства, 2022. – 119 с.
3. Царенко С.Н., Молчан А.А., Мхоян А.А. Динамика валопровода гребного винта при линейном режиме разгона // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. (25–26 ноября 2021 г.) / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 122–126.
4. Царенко С.Н., Улитин Г.М., Труднев С.Ю. Динамика валопровода гребного винта при импульсном воздействии // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 748–758. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-5-748-758.

УДК 004.78:378.1

**И.Г. Проценко, Г.С. Емельянов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: ip1954@list.ru*

### **РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АИС СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ**

В статье предлагается модель данных для автоматизированной информационной системы составления расписания в учебных заведениях рыбной отрасли. Данная модель может быть использована на крупных судах и плавбазах, на промысловых участках и рыбообрабатывающих заводах и т. д. Семантическая модель положена в основу реализации физической модели в СУБД MySQL. Вопросы аномалий решаются в результате нормализации таблиц БД и частично программными средствами изменения содержания таблиц.

**Ключевые слова:** расписание занятий, учебная нагрузка, автоматизированная информационная система, модель данных, СУБД.

**I.G. Protsenko, G.S. Emelyanov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: ip1954@list.ru*

### **DATABASE DEVELOPMENT FOR AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR SCHEDULING LESSONS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE FISHING INDUSTRY**

The article proposes a data model for an automated information system for scheduling in educational institutions in the fishing industry. This model can be used on large vessels and mother ships, on fishing grounds and fish processing plants, etc. The semantic model is the basis for the implementation of the physical model in the MySQL DBMS. Anomaly issues are resolved as a result of the normalization of database tables and, in part, by software tools for changing the contents of tables.

**Key words:** class schedule, study load, automated information system, data model, DBMS.

Ярким примером сложности обработки информации является составление расписания в ручном режиме. В рыбной отрасли составление расписания необходимо не только в вузах и колледжах. Эта задача часто встречается в рыбной промышленности при составлении расписания вахт и подвахт, особенно на крупных судах и плавбазах, расписания работы бригад на промысловых участках, составлении графика приема рыбы с прорезей на рыбообрабатывающие суда и заводы и т. д.

Сложность решения этой задачи в вузах связана с учетом большого числа групп, ограниченно аудиторного фонда и минимально необходимого учебного персонала, что неизбежно приводит к возникновению ошибок, вызванных человеческим фактором. К таким ошибкам можно отнести совмещение занятий разных групп в одном учебном помещении или у одного преподавателя, в одно и то же время. Не меньшую проблему вызывает и решение задачи ограничений аудиторного фонда путем распределения учебных занятий групп по разным корпусам, территориально расположенных на значительном удалении друг от друга. Результатом этого становятся проблемы перемещения как студентов, так и преподавателей из одного здания в другое в короткие перерывы.

Составление расписания учебных занятий – достаточно трудоемкая работа, в том числе с учетом необходимости изменения расписания по объективным обстоятельствам. Изменения могут быть связаны с отсутствием возможности у преподавателя проводить занятия (изменение

графика отпуска, болезнь, увольнение), ремонтом аудиторий, уточнением учебного плана, изменением сроков морских практик, редко погодными условиями и проч. Составление расписания опирается на достаточно широкий перечень документов (учебные планы, нагрузка, сроки сессии, состояние аудиторного фонда, график отпусков и т. д.), поддержание которых в актуальном качественном состоянии является отдельной задачей. Доступ к этим документам и расписанию в соответствии с правами доступа должен быть обеспечен широкому кругу лиц, что и предполагается сделать при создании автоматизированной информационной системы составления расписания учебных занятий (АИС-Р).

Главной составляющей АИС-Р является база данных, необходимая для хранения информации в виде, обеспечивающей эффективную обработку, хранение и выдачу пользователям информации о расписании учебных занятий и другую, относящуюся к этой теме.

Процесс создания базы данных АИС-Р (далее по тексту статьи будем использовать аббревиатуру – БД) состоит из нескольких этапов. На начальном этапе проектирования изучается предметная область, примерно представляется весь процесс дальнейшего использования БД и выделяются предполагаемые сущности и связь между ними. Вследствие чего разработчик получает эскиз будущей БД, который в дальнейшем будет выступать в качестве основы для всех корректировок. Далее, в процессе более детального изучения, дополняется эскиз, в котором выделяются атрибуты для каждой сущности, и вся информация для наглядности помещается в таблицы.

Затем наступает этап проектирования, на котором получившийся макет БД подвергается нормализации. Процесс нормализации в свою очередь также подразделяется на несколько этапов. В зависимости от целей проекта, а также требований заказчика или стандартов необходимая нормальная форма может различаться. Процесс нормализации ставит своей целью устранение избыточности данных и заключается в приведении, как правило, к третьей нормальной форме (3НФ) [1–4]. Поставим задачу создать БД, удовлетворяющую 3НФ, а затем проанализируем появление возможных аномалий [2 и 3].

#### **Семантическая модель**

Информационная модель объекта описывает существенные параметры и переменные объекта и связи между ними в рамках определенной задачи. Модель позволяет путем подачи на ее вход вариаций входных величин моделировать возможные состояния объекта.

Рассмотрим это на примере проектирования АИС-Р.

Считаем, что **сущность** – это реальный или представляемый тип объекта, который соответствует предметной области формирования расписания учебных занятий, информацию о котором должна содержать база данных. Сущности необходимы для того, чтобы представить объекты, участвующие в деятельности АИС-Р.

Выделяем следующие сущности и их атрибуты (ключевой атрибут выделен жирным шрифтом):

- Расписание: **код**, дата, верх/низ, номер пары, аудитория, занятие.
- Нагрузка: **код**, дисциплина, группа, тип, семестр, часы.
- Занятие: **код**, дисциплина, тип, группа, преподаватель, аудитория.
- Индивидуальный план: **код**, преподаватель, нагрузка.
- Аудитория: **код**, № аудитории, тип, вместительность, кафедра.

Опишем данные сущности:

«Расписание» – сущность, в которой хранится информация о расписании.

- «**код**» – ключевое поле, обозначает индивидуальный номер записи;
- «дата» – дата, с которой действует расписание;
- «занятие» – данные из одноименной сущности;
- «тип недели» – занятие стоит по расписанию в верхней или в нижней неделе;
- «номер пары» – номер пары в эту дату;
- «аудитория» – номер аудитории, в которой проводится занятие.

«Занятие» – сущность, в которой хранится информация о занятиях из расписания.

- «**код**» – ключевое поле, обозначает индивидуальный номер записи;
- «дисциплина» – наименование дисциплины;
- «вид занятия» – лекционное занятие, лабораторное занятие или практическое занятие;
- «группа» – группа, у которой это занятие;
- «преподаватель» – преподаватель, ведущий это занятие.

«Нагрузка» – сущность, в которой хранится информация о нагрузке.

- «дисциплина» – наименование дисциплины;
- «группа» – группа, у которой эта дисциплина в нагрузке;
- «семестр» – семестр группы, в который должна быть пройдена дисциплина;
- «виды занятий» – виды занятий по плану;
- «часы» – часы дисциплины, распределенные по ее видам.

«Аудитория» – сущность, в которой хранится информация об аудиториях.

- «код» – ключевое поле, обозначает индивидуальный номер записи;
- «№ аудитории» – номер аудитории;
- «тип» – тип занятий, для которых подходит аудитория;
- «емкостительность» – вместительность аудитории;
- «кафедра» – кафедра, закрепленная за дисциплиной.

«Индивидуальный план» – сущность, в которой хранится информация об индивидуальном плане.

- «код» – ключевое поле, обозначает индивидуальный номер записи;
- «нагрузка» – распределенная нагрузка на преподавателя;
- «преподаватель» – преподаватель, закрепленный за дисциплиной.

На основе выделенных сущностей была построена ER-модель [2, 3] в нотации Питера Чена (рис. 1 и 2). Прямоугольники обозначают представленные выше сущности, в виде ромбов отображены отношения, связывающие сущности, они соединены между собой линиями с указанием разновидностей связей. Овалами отмечены атрибуты сущностей, которые соединены с соответствующими сущностями линиями.

В соответствии с ER-диаграммой процессы в предметной области можно описать следующим образом: у преподавателя есть индивидуальный план, в нем нагрузка, которая реализуется в расписании, включающем в себя занятие (за которым закрепляется аудитория), которое проводит преподаватель.



Рис. 1. ER модель "Entity"

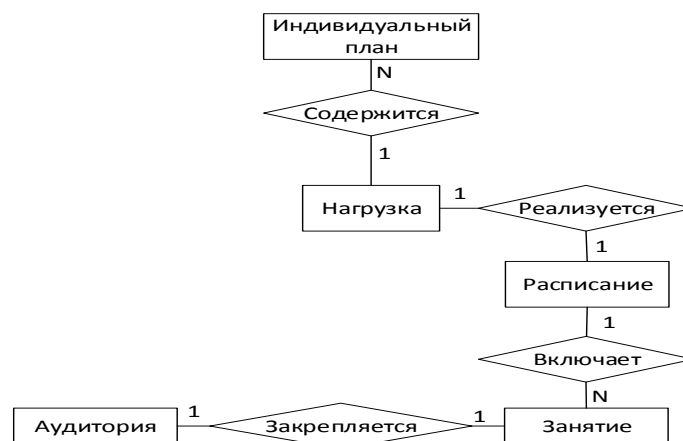


Рис. 2. ER модель "Relationship"

### **Нормализация**

*Первая нормальная форма* (1НФ) требует, чтобы каждое поле таблицы БД было неделимым и не содержало повторяющихся групп.

Неделимость означает, что значение, записанное в поле, должно быть объективно целым, т. е. не должно делиться на несколько значений. Например, имея поле «преподаватель», разработчик подразумевает, что оно включает в себя ФИО, должность, кафедру, но это противоречит свойству неделимости, так как части, из которых состоит поле, можно выделить в отдельные поля.

Чтобы избежать повторения групп в БД, необходимо создать для них отдельную таблицу. То же касается и кафедр, факультетов и т. д.

*Вторая нормальная форма* (2НФ) требует, чтобы все поля таблицы зависели от первичного ключа, т. е. чтобы первичный ключ однозначно определял запись и не был избыточен. В случае если первичный ключ состоит из нескольких полей таблицы, те поля, которые зависят только от части первичного ключа, должны быть выделены в составе отдельных таблиц.

*Третья нормальная форма* (3НФ) требует, чтобы значение любого поля таблицы, не входящего в первичный ключ, не зависело от значения другого поля, не входящего в первичный ключ.

Проектируемая БД является реляционной, процесс нормализации для такой базы данных представляет преобразования отношений с целью оптимизации логической структуры отношений для устранения нежелательных свойств. Процесс проходит без потери информации исходного отношения, в том числе и о зависимостях, имеющих место между его атрибутами [2 и 3].

Для приведения отношения к первой нормальной форме необходимо:

1. Определить группы повторяющихся полей.
2. Вынести группы повторяющихся полей в отдельные таблицы.
3. Назначить первичные ключи в новых таблицах.

Для приведения отношения ко второй нормальной форме необходимо:

1. Вынести все частично-зависимые поля в отдельную таблицу.
2. Определить ключевые поля.
3. Установить отношения между таблицами.

Для приведения отношения к третьей нормальной форме необходимо:

1. Проанализировать существующие функциональные зависимости отношения на наличие транзитивности.

2. В случае наличия транзитивности нужно изменить отношение, чтобы неключевые поля не зависели друг от друга.

В результате применения алгоритмов нормализации была получена третья нормальная форма отношений:

1. РАСПИСАНИЕ (ДАТА, ДЕНЬ НЕДЕЛИ, НОМЕР ПАРЫ, ВИД ЗАНЯТИЯ, № АУДИТОРИИ, ID ГРУППЫ, ID УЧИТЕЛЯ, ID ПРЕДМЕТА, ТИП ЗАНЯТИЯ)

2. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ (ID ПРЕПОДАВАТЕЛЯ, ФИО, ID КАФЕДРЫ, ДОЛЖНОСТЬ, УЧЁНОЕ ЗВАНИЕ, УЧЁНАЯ СТЕПЕНЬ)

3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН (ID ГРУППЫ, ID ПРЕДМЕТА, СЕМЕСТР, ЧАСЫ ЛЕКЦИЙ, ЧАСЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ, ЧАСЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ, ЧАСЫ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ, ЧАСЫ КОНТРОЛЯ, НАЛИЧИЕ КУРСОВЫХ РАБОТ, ФОРМА КОНТРОЛЯ, ID ПРЕПОДАВАТЕЛЯ, СТАВКА, № ВЕДОМОСТИ)

4. ПРЕДМЕТЫ (ID ПРЕДМЕТА, НАЗВАНИЕ, АББРЕВИАТУРА)

5. ГРУППА (ID ГРУППЫ, УРОВЕНЬ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМА ОБУЧЕНИЯ, ID КАФЕДРЫ, ШИФР, СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОФИЛЬ)

6. КАФЕДРА (ID КАФЕДРЫ, НАЗВАНИЕ, ФАКУЛЬТЕТ)

### **Даталогическая модель**

Даталогическая модель отображает логические связи между элементами, независимо от их содержания и среды хранения [4].

Для построения даталогической модели были использованы следующие принципы:

1. Таблица состоит из двух столбцов: ключевое поле, название поля и тип поля.
2. Для обозначения первичного ключа используется аббревиатура РК.
3. Для обозначения внешнего ключа используется аббревиатура FK.
4. У каждой таблицы есть название, записанное над таблицей.

5. Строке с названием поля соответствует столбец с типом данных.

6. Для обозначения связей Один-к-Одному, Один-ко-Многим и Многий-ко-Многим используются обозначения: 1-1, 1-N и N-N.

7. Связь между таблицами указана по полям, участвующим в этой связи.

На основе концептуальной модели была построена даталогическая модель БД (рис. 3), которая позволит реализовать основные функции системы:

- 1) регистрация и авторизация в системе;
- 2) загрузка в систему данных заявителя;
- 3) беспрепятственное взаимодействие сотрудников;
- 4) отслеживание и соблюдение сроков обработки данных;
- 5) контроль работы специалистов;
- 6) получение решений;
- 7) распределение всей возможной нагрузки;
- 8) экспорт электронной версии документов в *xlsx*;
- 9) исключение ошибок в процессе работы с системой.

Таблицы БД содержат поля, предназначенные в том числе для решения задач формирования учебных планов, нагрузки преподавателей и др. Ниже дана расшифровка только тех полей, которые используются непосредственно в задаче формирования расписания занятий.

Таблица «*chairs*» предназначена для хранения информации о кафедрах. Содержит следующие поля:

- *id\_chair* – код кафедры,
- *chair* – аббревиатура кафедры,
- *chair\_full* – полное название кафедры,
- *faculty* – аббревиатура факультета,
- *faculty\_full* – полное название факультета.

Таблица «*grups*» предназначена для хранения информации о группах. Содержит следующие поля:

- *id\_grup* – код группы,
- *grup* – название группы,
- *level* – уровень образования,
- *ofo* – форма обучения,
- *id\_chair* – код кафедры,
- *cypher* – шифр группы,
- *specialization* – специализация группы,
- *profile* – профиль группы.

Таблица «*subject*» предназначена для хранения информации об индивидуальном плане. Содержит следующие поля:

- *id\_grup* – код группы
- *id\_subject* – код учебной дисциплины,
- *semestr* – номер семестра,
- *lections* – количество часов на лекции,
- *labworks* – количество часов на лабораторные работы,
- *practics* – количество часов на практики,
- *indepworks* – количество часов на самостоятельные работы,
- *control* – количество часов на контрольные работы,
- *sw* – курсовая работа,
- *sp* – курсовой проект,
- *typefos* – форма контроля,
- *id\_teacher* – код преподавателя,
- *s\_teacher* – признак распределения нагрузки преподавателя (не распределено, в нагрузке, в потоке),
  - *grup\_to* – группа потока,
  - *id\_teacherA* – код ассистента,
  - *s\_teacherA* – признак распределения нагрузки ассистента (не распределено, в нагрузке, в потоке),

- grup\_toA – группа потока ассистента,
- d – дата сдачи экзамена,
- N – номер ведомости,
- tch – подпись преподавателя (код),
- dek – подпись декана (код).

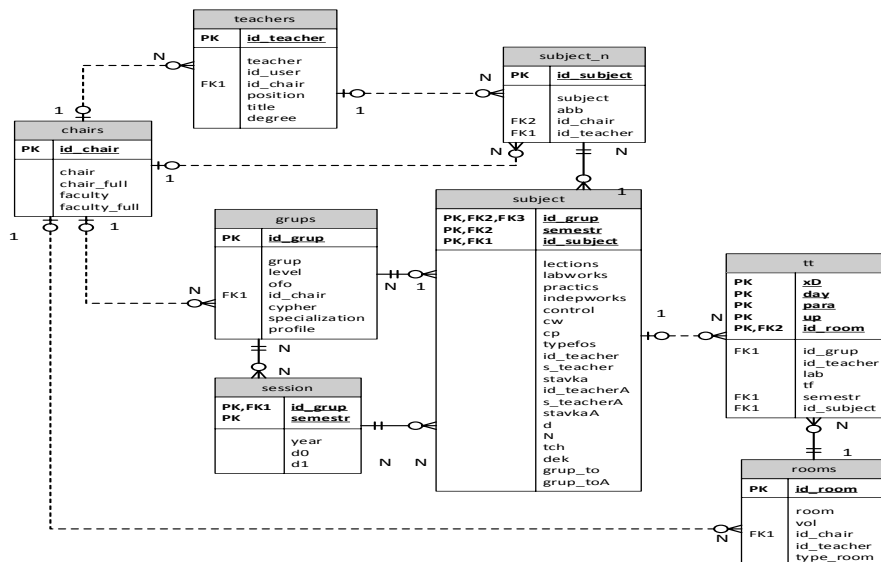


Рис. 3. Даталогическая модель

Таблица «subject\_n» предназначена для хранения информации об учебных дисциплинах. Содержит следующие поля:

- id\_subject – код учебной дисциплины,
- subject – название учебной дисциплины,
- abb – аббревиатура учебной дисциплины,
- id\_teacher – код преподавателя,
- id\_chair – код кафедры.

Таблица «teachers» предназначена для хранения информации о преподавателях. Содержит следующие поля:

- id\_teacher – код преподавателя,
- teacher – ФИО преподавателя,
- id\_chair – код кафедры.

Таблица «rooms» предназначена для хранения информации об аудиториях. Содержит следующие поля:

- id\_room – код аудитории,
- room – номер аудитории,
- vol – вместительность аудитории,
- id\_chair – код кафедры, за которой закреплена аудитория,
- id\_teacher – код преподавателя, закрепленного за аудиторией,
- type\_room – тип аудитории.

Таблица «tt» предназначена для хранения информации о расписании учебных занятий. Содержит следующие поля:

- xD – дата проведения занятия,
- day – день недели,
- para – номер пары,
- up – признак частоты проведения занятия (еженедельно, только по нечетным неделям, только по четным неделям),
- id\_room – код аудитории,
- id\_grup – код группы,
- id\_subject – код учебной дисциплины,

- id\_teacher – код преподавателя,
- lab – вид занятия (лекция, лабораторная, практика),
- tf – признак фактического проведения пары.

В БД АИС-Р предусмотрено 4 уровня допуска:

1. Студент – способен только просматривать данные расписания, получать выходную форму расписания его группы в Excel-формате
2. Преподаватель – имеет возможность формировать предложения по своему расписанию.
3. Заведующий кафедрой – имеет возможность формировать предложения по расписанию кафедры.
4. Сотрудник учебно-методического управления (УМУ) – имеет возможность формировать данные по всем группам и преподавателям, корректировать предложения преподавателей, после чего уже зав. кафедрой и преподаватели вносить изменения не могут.

В результате выполненных работ была разработана база данных для АИС-Р. Разработанная БД позволяет сократить временные затраты при использовании АИС-Р, требуемые для составления расписания занятий, а также снижает вероятность ошибки при его формировании.

### Литература

1. Базы данных: теория нормализации: Методические указания / Сост. Н.А. Кривошеева, М.Г. Таспаева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. – 48 с
2. Карпова И.П. Базы данных: Учебное пособие / Московский государственный институт электроники и математики (Технический университет). – М., 2009. – 131 с
3. Кузнецов С.Д. Основы баз данных: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лабораторная знаний, 2007. – 484 с.
4. Верхолат А.М., Суслов В.П. Проектирование структуры базы данных: Пособие по курсовому проектированию. Изд. 2-е, испр. и доп. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2018. – 65 с.



УДК 004.78:378.1

**И.Г. Проценко, И.С. Мартыненко**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: ip1954@list.ru*

### **АИС СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗАХ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ**

В статье рассматривается оригинальный подход к созданию автоматизированной информационной системы составления расписания занятий в вузах рыбной отрасли. Реализация системы в виде сервера базы данных, серверного и web-приложений позволяет составлять расписание в полуавтоматическом режиме с учетом требований и ограничений учебного процесса и пожеланий преподавателей, оценивать качество расписания по заданным параметрам, рассчитывать распределенную плановую и фактическую учебную нагрузку. Вариант реализации системы сделан на примере Камчатского государственного технического университета.

**Ключевые слова:** расписание занятий, учебная нагрузка, автоматизированная информационная система.

**I.G. Protsenko, I.S. Martynenko**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: ip1954@list.com*

### **AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR SCHEDULING LESSONS IN UNIVERSITIES OF THE FISHING INDUSTRY**

The article discusses an original approach to the creation of an automated information system for scheduling classes in the universities of the fishing industry. The implementation of the system in the form of a database server, server and web applications allows you to schedule in a semi-automatic mode, taking into account the requirements and limitations of the educational process and the wishes of teachers, evaluate the quality of the schedule according to the specified parameters, calculate the distributed planned and actual teaching load. A variant of the implementation of the system is made on the example of Kamchatka State Technical University.

**Key words:** class schedule, study load, automated information system.

В рыбной отрасли составление расписания необходимо во многих организациях, фирмах, на судах, рыбообрабатывающих заводах, рыболовных участках, а также в учебных заведениях с рыбным профилем. На сегодняшний день существует множество разработок в области составления расписания. Наиболее известными среди них являются «Ректор-ВУЗ» [1], «АВТОРасписание» [2], «Экспресс-расписание ВУЗ» [3], «1С: Автоматизированное составление расписания» [4]. Каждая из программ обладает определенными особенностями работы с расписанием занятий, но ни одна из них не является универсальным решением для рыбной отрасли. На данный момент не существует разработки, учитывающей особенности организации любого вуза, по этой причине, а также с целью расширения списка существующих систем было принято решение разработать автоматизированную систему составления расписания занятий для КамчатГТУ, используя собственный подход к решению задачи составления расписания учебных занятий.

Расписание учебных занятий в большинстве случаев представляет собой таблицу, в каждой ячейке которой содержится информация о группе, дисциплине, преподавателе, номере аудитории и, возможно, некоторая другая информация. С учетом 17 недель семестра, 6 рабочих дней недели, 3-4 пар в день и почти 100 учебных групп (например, для факультета ФИТЭУ КамчатГТУ), размерность такой таблицы будет составлять более 30 000 ячеек, в которые нуж-

но внести сведения о дисциплине, преподавателе, аудитории и проч. Таким образом, при составлении расписания занятий на компьютере важным фактором является удобство заполнения такой таблицы.

Разбиение таблицы по факультетам не решает проблему, неудобства остаются и негативно влияют на скорость и точность формирования расписания.

В статье предлагается и обсуждается следующее решение: в процессе составления расписания на экран выводятся **все пары** (т. е. занятия, состоящие, как правило, из двух периодов работы по 45 минут с 5-минутным перерывом) (строки) **одной рабочей недели** (столбцы) и отображается в ячейках этой таблицы расписание **либо конкретной группы, либо определенного преподавателя**, либо расписание преподавателя в конкретной группе (пример дан на рис. 1).

№п/п	27.02 Понедельник	28.02 Вторник	01.03 Среда	02.03 Четверг	03.03 Пятница	04.03 Суббота
1						
2	20ПИб лек 7-520 ИС в РХ Проценко И.Г.	20ПИбб лаб 7-402 ИС в РХ Проценко И.Г.	20ПИбб лаб 7-402 МИМ Проценко И.Г.	19ПИбб лаб 7-402 ИП Проценко И.Г.	20ПИб лаб 7-402 ИС в РХ Проценко И.Г.	20ПИбб лаб 7-402 МИМ Проценко И.Г.
3	20ПИб лек 7-520 МИМ Проценко И.Г.	21ПИбб лек 7-520 ТИ Проценко И.Г.	20ПИб лаб 7-402 МИМ Проценко И.Г.	19ПИбб лаб 7-402 ИП Проценко И.Г.	21РО лаб 7-402 ИС в РХ Проценко И.Г.	20ПИбб лаб 7-402 ИС в РХ Проценко И.Г.
4	20ЭМ лаб 7-402 ЗИ Проценко И.Г.	19ПИбб лек 7-520 ИП Проценко И.Г.	19ПИбб лаб 7-402 МИМ Проценко И.Г.	21ПРб ЗФО лек 7-402 ИТ в Р Проценко И.Г.	21РО лек 7-402 ЗИ Проценко И.Г.	20ПИбб лаб 7-402 ИС в РХ Проценко И.Г.
5	20ПИб лек 7-520 МИМ Проценко И.Г.	19ПИб лаб 7-401 УИС Малова Е.А.	19ПИб лаб 7-401 УИС Малова Е.А.	21ПРб ЗФО лаб 7-402 ИТ в Р Проценко И.Г.	19ПИб лаб 7-401 УИС Малова Е.А.	
6						
7						

Рис. 1. Таблица расписания занятий

### Интерфейс

Выбор учебной группы или преподавателя осуществляется в специальных полях в верхней части экрана (рис. 2).

Расписание занятий с 20.02.2023 Нижняя неделя

кафедра  , группа  , преподаватель

Рис. 2. Параметры содержания таблицы расписания

Пользователю также дана возможность выбора даты расписания, которая определяет рабочую неделю. Для задания даты существует два способа. Пользователь может выбрать необходимую дату с помощью календаря либо, используя кнопки навигации, переходить от текущей недели к предыдущей (последующей). Для удобства пользователя названия дней недели сопровождаются соответствующими датами (рис. 1). В зависимости от выбранной даты система определяет тип недели (верхняя/нижняя) и выводит данную информацию на экран, облегчая пользователю работу по составлению расписания, путем уменьшения количества деталей, которые необходимо держать в уме.

Для полноценной работы с расписанием в системе реализованы функции редактирования формы ячейки. Нажатие правой кнопкой мыши на ячейку таблицы расписания откроет контекстное меню, в котором перечислены доступные функции:

- «Удалить занятие» – стирает всю информацию о выбранном занятии из таблицы расписания.
- «Разделить ячейку» – делит одну целую ячейку на две, позволяя пользователю добавить занятие, которое должно быть проведено только на нижней или верхней неделе.
- «Объединить ячейки» – объединяет разделенную ячейку. После использования данной функции ячейка примет первоначальный вид.
- «Пролонгация» – добавит выбранное занятие в каждую последующую неделю до конца учебного семестра, за исключением праздничных дней и дней отпуска преподавателя. Данная функция предусмотрена преимущественно для расписания занятий групп очной формы обуче-

ния, так как расписание данных групп, как правило, меняется от недели к неделе незначительно или не меняется вовсе.

– «Зачет», «Консультация» и «Экзамен» – позволяют пользователю добавить выбранному занятию соответствующий параметр, меняющий форму и содержание занятия.

Главная идея системы формирования расписания – это **распределение нагрузки индивидуального плана преподавателя** по рабочим дням семестра, парам и аудиториям.

В зависимости от выбранной группы или преподавателя получаем содержимое таблицы нагрузки преподавателя (или часть учебного плана группы, соответствующей текущей дате (рис. 3). Строки таблицы нагрузки содержат необходимую информацию из учебного плана: название группы, название дисциплины, номер учебного семестра, количество часов лекций, лабораторных работ и практик, наличие курсовой работы или проекта, форму контроля, ФИО преподавателя, закрепленного за конкретной дисциплиной, количество студентов в группе (рис. 3).

Группа	Дисциплина	сем	лек	лаб	пр	к/р	к/п	Экзамен/Зачет	Преподаватель	студ.
20ПИб	Мировые информационные ресурсы	6	17	17				Зачёт	Кирюхин Алексей Владимирович	11
20ПИб	Мультимедиа-технологии	6	17/15	51				Экзамен	Малова Елена Анатольевна	11
20ПИб	Математическое и имитационное моделирование	6	17	51				Экзамен	Проценко Игорь Григорьевич	11
20ПИб	Проектирование информационных систем	6	34	34/32			да	Экзамен	Чебанюк Светлана Виталиевна	11
20ПИб	Управление программными проектами	6	17	34				Зачёт с оценкой	Чебанюк Светлана Виталиевна	11
20ПИб	Информационные системы в рыбном хозяйстве	6	17/15	34				Зачёт с оценкой	Проценко Игорь Григорьевич	11

Рис. 3. Таблица нагрузки

Для того чтобы распределить занятие по дням недели, парам и аудиториям в таблице расписания, пользователь выбирает нужную дисциплину в таблице учебных дисциплин, нажимая курсором на ячейку, в которой указаны часы необходимого вида занятия (лекция, лабораторная работа, практическое занятие), строка подсвечивается желтым цветом. Если после нажатия появилась красная подсветка соответствующей ячейки, значит, эту часть нагрузки можно распределить в расписании и программа запомнила выбор пользователя (рис. 3).

На данном этапе проверяется одно из важнейших условий составления расписания занятий – один преподаватель не может вести пару одновременно у разных групп, или одна группа не может присутствовать одновременно на занятии у разных преподавателей. Для соблюдения данного условия система подсвечивает уже занятые другими преподавателями или группами ячейки расписания. В подсвеченные ячейки нельзя вставить новое занятие (см. подсвеченные ячейки на рис. 1).

Далее пользователю надо нажать на соответствующую ячейку, выбрав день недели и номер пары в таблице расписания. После нажатия информация о занятии добавится в эту ячейку, и пользователю останется лишь назначить аудиторию.

Для этого нужно кликнуть на пустое поле с номером аудитории или ввести в поле ввода фрагмент – появится список номеров свободных аудиторий. Аудитории ранжируются в зависимости от вместительности и типа аудитории. Уже занятые на время выбранной пары аудитории не отображаются в списке. Выбор аудитории формирует полноценную единицу расписания, которую система сохраняет автоматически.

Каждое изменение таблицы расписания сопровождается перерасчетом часов учебной нагрузки, которые нужно вычитать согласно учебному плану. Расчет часов проводится с учетом типа недели (верхняя/нижняя). Таким образом, занятия, добавленные в верхнюю часть разделенной ячейки, будут засчитываться только по нечетным неделям, а занятия в нижних ячейках, соответственно, по четным. Занятия в целых ячейках учитываются независимо от типа недели.

Решение представить таблицу с нагрузкой в схожем с учебным планом виде было принято с целью облегчения процесса отслеживания количества занятий, которые необходимо провести в текущем семестре. Система реагирует на манипуляции пользователя и обновляет данные в таблице так, чтобы они соответствовали составленному расписанию.

Каждое изменение таблицы расписания сопровождается перерасчетом часов учебной нагрузки, которые в расписании уже распределены и которые еще необходимо поместить в расписание, чтобы нагрузка в расписании была полностью распределена. Расчет часов проводится с учетом типа недели (верхняя/нижняя). Таким образом, занятия, добавленные в верхнюю часть разделенной ячейки, будут засчитываться только по нечетным неделям, а занятия в нижних ячейках, соответственно, по четным. Занятия в целых ячейках учитываются независимо от типа недели.

Решение представить таблицу с нагрузкой (см. рис. 3) в схожем с учебным планом виде было принято с целью облегчения процесса отслеживания количества занятий, которые необходимо провести в текущем семестре.

После назначения аудитории занятия данные расписания сохраняются в базе данных, количество часов учебной нагрузки, распределенное в расписание, изменяется (рис. 3). Число до знака «/» обозначает общее количество часов данного вида занятий для определенной дисциплины, а число после знака «/» обозначает количество часов, которое осталось вычитать до конца учебного семестра. Если количество добавленных в расписание занятий определенной дисциплины соответствует часам учебной нагрузки в учебном плане, то дисциплина скрывается из списка, позволяя пользователю сфокусировать внимание на оставшихся дисциплинах.

Регулировать наличие или отсутствие распределенных в расписании дисциплин можно переключателем справа от поля «преподаватель».

В отличие от групп очной формы обучения расписание занятий и экзаменов групп заочной формы обучения составляется «точно», а не растягивается на продолжительность целого семестра, так что работа с заочниками для удобства осуществляется в отдельной вкладке.

Сотрудникам университета и студентам расписание занятий может понадобиться в распечатанном виде. Работа с подобными документами ведется в программе Microsoft Excel, по этой причине в ИС-Р реализована возможность формирования расписания в виде таблицы Excel. Вкладка «Выходные формы» предлагает на выбор несколько видов выходных Excel форм, в зависимости от пожеланий пользователя (рис. 4).

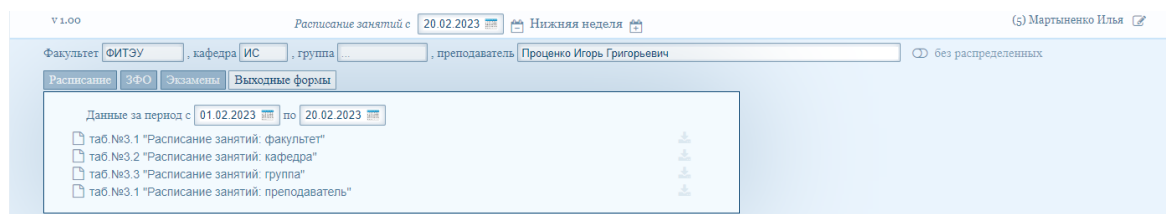


Рис. 4. Выходные формы

Рассмотренный подход способствует снижению вероятности допущения ошибок, уменьшению временных затрат, а также упрощению процесса формирования расписания учебных занятий.

### Литература

1. «Ректор-ВУЗ» – расписание занятий для высших учебных заведений [Электронный ресурс]. – URL: <https://rector.spb.ru/raspisanie-vuz-4u.php>
2. «АВТОРасписание» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mmis.ru/programs/avtor>
3. Экспресс-расписание ВУЗ [Электронный ресурс]. – URL: <https://pbprog.ru/docs/raspisv>
4. 1С: Автоматизированное составление расписания. Университет [Электронный ресурс]. – URL: [https://solutions.1c.ru/catalog/asp\\_univer/features](https://solutions.1c.ru/catalog/asp_univer/features)

УДК 004.78

**И.Г. Проценко, Н.С. Юсов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: ip1954@list.ru*

### **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ С БАЗОЙ ДАННЫХ ИС «РЫБОЛОВСТВО»**

В статье предлагается теоретический материал по способам оптимизации баз данных, показаны конкретные примеры использования распространенных методов оптимизации, такие как индексирование и выбор типа данных. Проведено исследование экономии памяти и производственной мощи при использовании методов оптимизации на примере отраслевой геоинформационной системы «Рыболовство».

**Ключевые слова:** оптимизация, тип данных, ER-модель, индексирование, таблица, СУБД.

**I.G. Protsenko, N.S. Yusov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: ip1954@list.com*

### **OPTIMIZATION FOR FISHERY INFORMATION SYSTEM DATABASE**

The article offers theoretical material on ways to optimize databases, shows specific examples of the use of common optimization methods, such as indexing and data type selection. The research of saving memory and production power when using optimization methods is carried out on the example of the information system "Fishing".

**Key words:** optimization, data type, ER model, indexing, table, DBMS.

Оптимизация работы с базами данных (БД) является важной задачей для продуктивного функционирования системы управления базами данных (СУБД) MySQL, средствами которой реализована физическая модель базы данных отраслевой геоинформационной системы мониторинга рыболовства (ОСМ) [1]. Игнорирование проблемы оптимизации баз данных способно привести к использованию лишнего объема памяти и производственных мощностей сервера, увеличению времени отклика СУБД [2]. Также возможно возникновение ошибок при выполнении операций с таблицами БД [3].

Одним из самых распространенных и продуктивных способов оптимизации баз данных являются индексирование и правильный выбор типов данных.

*Индексирование* – один из самых эффективных методов увеличения работоспособности базы данных, является одним из основных механизмов БД [4].

Зачастую строки БД хранятся в порядке их создания. Для чтения из записи данных требуется последовательное считывание соответствующих строк БД. Индексы создают отдельное множество строк, сопоставленных в порядке с выбранными индексами и хранящие указатели на исходные строки. Индексированные таблицы (ИТ) считываются гораздо быстрее, чем неиндексированные таблицы (НТ). Однако индексирование использует дополнительный объем данных. Помимо этого, на модификацию ИТ тратится больше временных ресурсов [5], поскольку все используемые индексы также приходится изменять. Система управления базами данных проводит индексирование автоматически; в крупных СУБД – индексирование происходит автоматически или выполняется выборочно.

#### **Использование типов CHAR и VARCHAR в работе с базами данных MySQL**

Тип данных CHAR является типом данных фиксированной длины. Он может хранить символы в строках размером до 8 000 байт. Тип данных CHAR наилучшим образом используется для хранения данных, которые имеют сопоставимую длину. Например, позывные или бортовые

номера рыбопромысловых судов и т. п. Тип данных CHAR является не лучшим выбором для хранения данных, которые сильно варьируются по длине. Столбцы, хранящие данные по типу названия книг или адресов, не подойдут для типа данных CHAR.

Это не означает, что столбец CHAR не может содержать значения, которые варьируются по размеру. Когда в столбец CHAR заносятся строки, которые короче, чем длина столбца, справа будут добавляться пробелы. Число этих пробелов определяется разностью между размером столбца и длиной сохраняемых символов.

Столбцы VARCHAR хранят данные переменной длины. Столбец изменчивого размера занимает только то место, которое требуется для хранения строки символов. По этой причине столбцы VARCHAR отлично подходят для хранения строк, которые сильно варьируются по размеру.

Для поддержки столбцов переменной длины необходимо, помимо самих данных, хранить их длину. Поскольку длина необходима для вычислений и используется СУБД при чтении и сохранении в столбцах переменной длины, считается, что они несколько менее производительны по сравнению со столбцами CHAR. Однако они используют только то пространство, которое им необходимо, экономия места на диске сама по себе может компенсировать потери производительности при использовании типа VARCHAR.

#### Различия типов данных CHAR и VARCHAR

Фундаментально отличие CHAR от VARCHAR состоит в том, что тип данных CHAR имеет фиксированную длину, в то время как тип данных VARCHAR поддерживает столбцы данных переменной длины. Но они и похожи. Оба предназначены для хранения алфавитно-цифровых данных. Для лучшего понимания разницы между этими двумя типами приведена табл. 1, где сделан обзор их подобию и отличий.

Таблица 1

Сравнение типов CHAR и VARCHAR

CHAR	VARCHAR
Используется для хранения строк фиксированного размера	Используется для хранения переменной длины
Размер может меняться в диапазоне от 1 до 8 000 байтов	Размер может меняться в диапазоне от 1 до 8 000 байтов
Использует хранилище фиксированной величины на основе размера столбца	Использует хранилище переменного размера на базе размера хранимой строки
Занимает от 1 до 4 байт на каждый символ в зависимости от колляции	Занимает от 1 до 4 байт на каждый символ в зависимости от установленной колляции и одного или более байт для хранения данных
Лучше производительность	Немного худшая производительность, поскольку требуется учитывать длину
Строки справа дополняются пробелами, если их длина меньше фиксированного размера	Нет необходимости в дополнении пробелами в силу переменного размера

#### Сравнение производительности типов CHAR и VARCHAR

Объем операций, который выполняет СУБД при сохранении и извлечении столбцов VARCHAR больше, чем для столбца CHAR. При каждом извлечении информации из столбца VARCHAR СУБД должна использовать информацию о длине, хранящуюся вместе с данными в столбце VARCHAR.

Использование информации о длине вызывает лишние циклы работы ЦП. В то же время постоянная длина CHAR позволяет SQL Server быстрее выполнять навигацию, благодаря его фиксированной длине.

При работе со столбцами CHAR и VARCHAR проблемой может стать дисковое пространство. Поскольку столбец типа CHAR имеет фиксированную длину, он всегда будет занимать одинаковое пространство диска. Столбцы VARCHAR изменяются по размеру, поэтому необходимое пространство основывается на размере хранимых строк, а не на размере в определении столбца. Когда подавляющее большинство значений, хранимых в столбце CHAR, меньше заданного размера, то использование столбца VARCHAR может занимать меньше дискового пространства. Для небольшого объема таблиц, требуется меньше времени на операции ввода/вывода при работе с данными столбца, что означает улучшение производительности. Эти два соображения определяют выбор между CHAR и VARCHAR.

### Тестирование скорости работы и объема занимаемой памяти

Для тестирования результатов оптимизации БД путем индексирования с использованием типов данных CHAR и VARCHAR нами были составлены модели двух баз данных в нотации Питера Чена, отображенные на рис. 1.

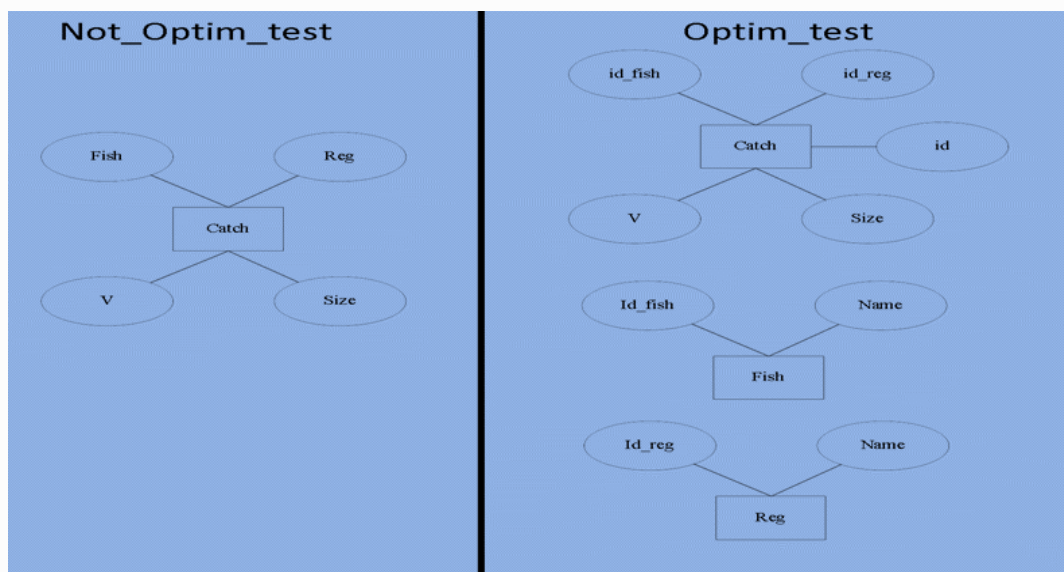


Рис. 1. ER-модель "Entity"

В базе данных not\_optim\_test находятся две аналогичные таблицы за исключением того, что в таблице catch типом данных выступает Char, а в таблице Catch\_2 тип данных VarChar.

Вторая БД состоит из шести таблиц.

Первая и вторая таблица "catch" (вылов) аналогичны друг другу, за исключением выбора типов данных char, varchar и содержат индексы (id\_fish, id\_reg) из 3-й – 6-й таблицы.

Третья и четвертая таблица (рис. 2) аналогичны друг другу, за исключением выбора типов данных char, varchar, и содержат идентификатор и наименование рыбы.

Пятая и шестая таблица (рис. 3) – аналоги друг друга, за исключением выбора типов данных char, varchar, и содержат идентификатор и наименование региона.

Какова же внутренняя суть процесса?

БД анализирует все возможные пути выполнения запроса, выбирая самый оптимальный из них.

Каждый возможный путь называется планом выполнения запросов. По сути это последовательность операций для получения результата SQL-запроса реляционной системе управления базами данных (СУРБД).

А компонент СУРБД, определяющий наиболее эффективный способ выполнения запроса с учетом анализа всех возможных планов, называется оптимизатором запросов.

Индексы используют оптимальный метод поиска, известный как двоичный поиск. Двоичный поиск – это алгоритм для поиска записи в отсортированном списке. Базируется на повторяющемся разделении данных пополам и определении того, находится ли искомая запись до или после записи в середине структуры данных. Если значение искомой записи меньше срединного, то поиск продолжается в первой половине, иначе – во второй. Эта процедура повторяется вплоть до нахождения значения. Благодаря данному методу уменьшается число требуемых поисков (табл. 2) и, следовательно, ускоряется выполнение запросов.

Пример соотношения записей данных и максимального количества операций поиска для нахождения нужной записи приведен в табл. 2.

В БД хранятся разные виды данных. Некоторые из них строго числовые, некоторые состоят из букв или комбинации букв и даже специальных символов. При хранении данных требуется, чтобы каждая часть данных имела тип.

При определении типа данных столбца важно подумать о виде информации, которая будет храниться, чтобы назначить правильный тип данных. Длина хранимого значения будет константной или динамической? С каким интервалом будут изменяться данные? Возможно ли

изменение длины столбца со временем? Возможны и другие обстоятельства, такие как необходимость продуктивного использования дискового пространства и производительности, которые способны подтолкнуть нас к принятию нужного типа данных.

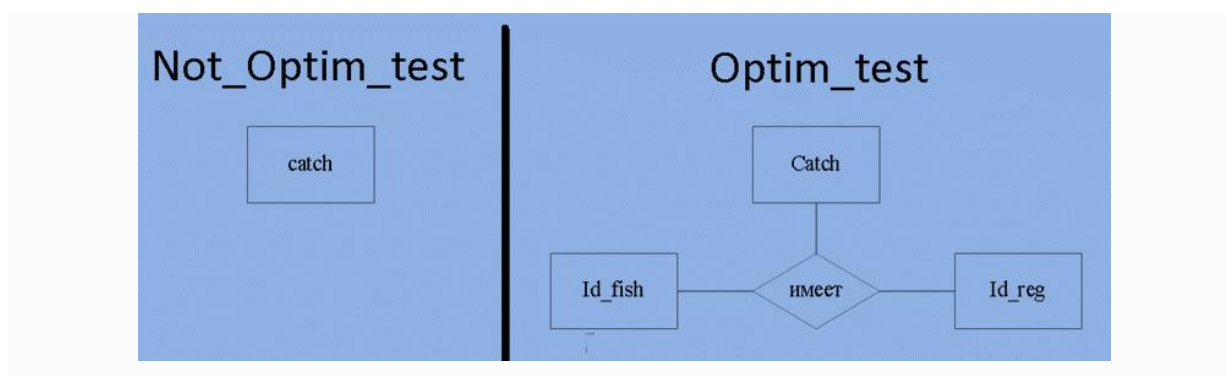


Рис. 2. ER-модель "Relationship"

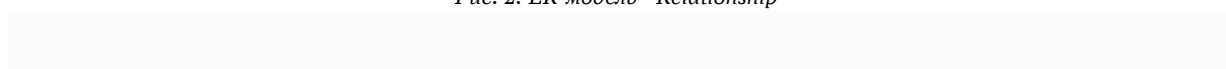


Рис. 3. Перечень таблиц в СУБД MySQL

Таблица 2

**Демонстрация соотношения записей данных и максимального числа поисков**

Количество записей данных	Максимальное количество операций поиска для нахождения нужной записи ( $\log_2$ )
8	3
100	7
1 000	10
10 000	14
100 000	17
1 000 000	20

**Результаты тестирования**

Было проведено тестирование созданных таблиц с помощью функций SELECT, UPDATE и DELETE. Результаты оптимизации видны только при работе с большим количеством информации, и чем больше ее объем, тем больший эффект она приносит. Для тестирования баз данных с помощью функций, в таблицы catch и catch\_2 с помощью специальной команды было занесено 100 тысяч случайных записей, в таблицы fish и reg была занесено 10 записей.



Тестирование функцией SELECT.

Для исследования производительности баз данных была использована функция SELECT, выполняющая поиск информации в таблице при помощи заданных аргументов.

Информация о 10 аналогичных запросах была занесена в программу Excel, и при помощи этой программы составлен график (данные численных экспериментов приведены на рис. 4 и рис. 5), демонстрирующий работоспособность таблиц баз данных.

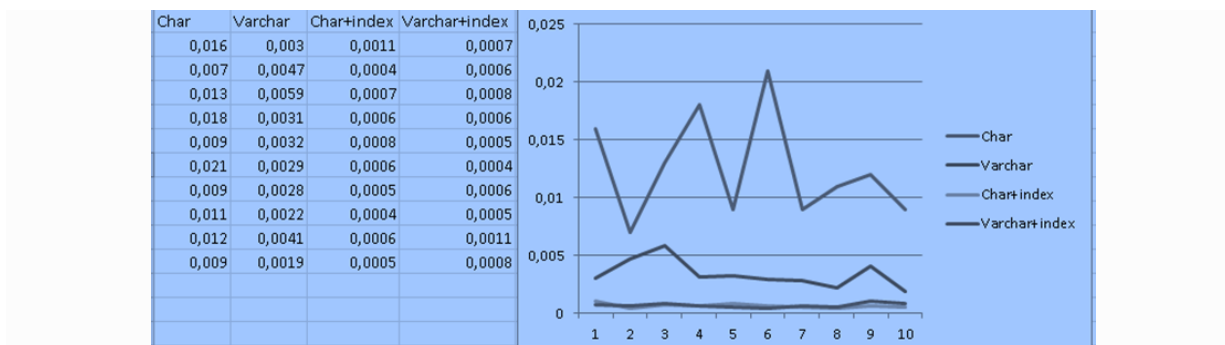


Рис. 4. График производительности таблиц БД при выполнении функции SELECT

Также было проведено сравнение среднего времени выполнения данного запроса.

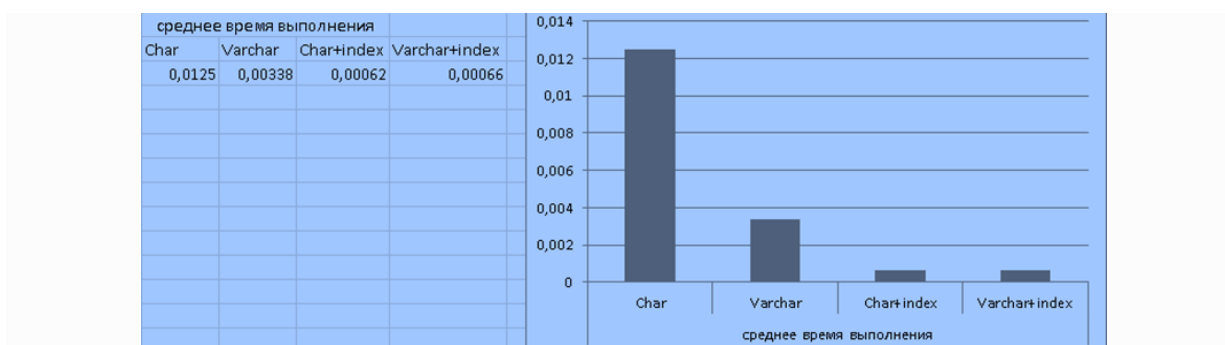


Рис. 5. Гистограмма средней производительности таблиц БД при выполнении функции SELECT

Исходя из данных, можно сказать, что при вызове функции SELECT индексированные таблицы вне зависимости от типов данных CHAR и VARCHAR работают со схожей скоростью, но превосходят в пять раз по скорости таблицы с типом данных VARCHAR и в 25 раз таблицы с типом данных CHAR.

Тестирование функцией UPDATE.

Для исследования производительности баз данных была использована функция UPDATE, выполняющая обновление информации в таблице при помощи заданных аргументов (данные численных экспериментов приведены на рис. 6 и 7).

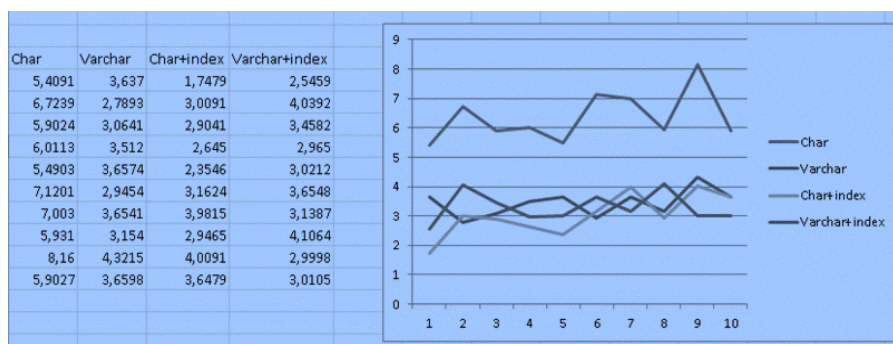


Рис. 6. График производительности таблиц БД при выполнении функции UPDATE

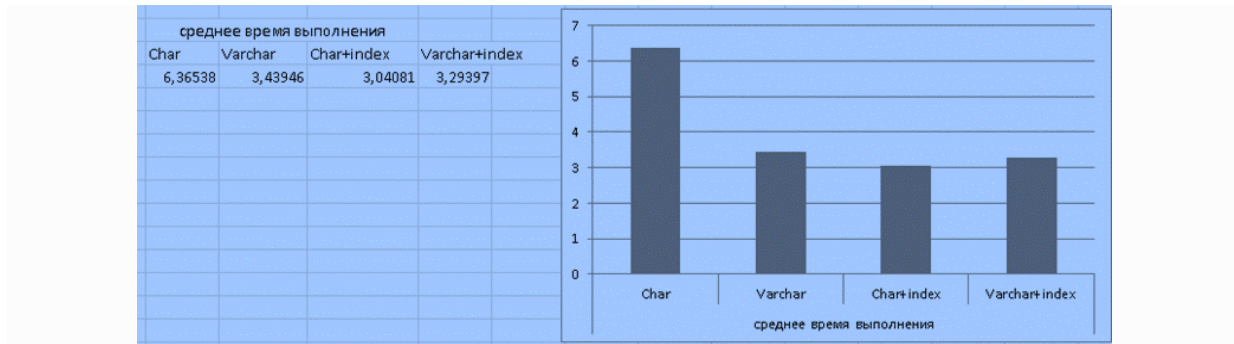


Рис. 7. Гистограмма средней производительности таблиц БД при выполнении функции UPDATE

Исходя из данных численного эксперимента, можно сказать, что при вызове функции UPDATE индексированные таблицы вне зависимости от типов данных CHAR и VARCHAR работают со схожей скоростью.

Индексированные таблицы превосходят на 15% по скорости таблицу без индексов с типом varchar и в два раза опережают таблицу с типом данных char.

Тестирование функцией DELETE.

Для исследования производительности баз данных была использована функция DELETE, выполняющая удаление записей из таблицы при помощи заданных аргументов (данные численных экспериментов приведены на рис. 8 и 9).

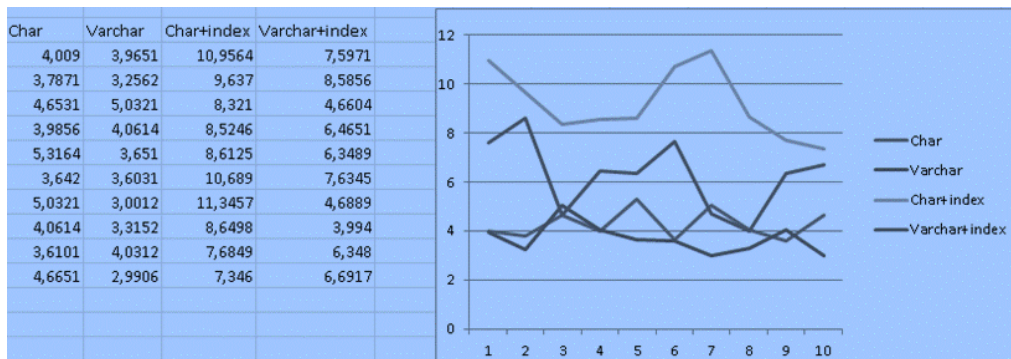


Рис. 8. График производительности таблиц БД при выполнении функции DELETE

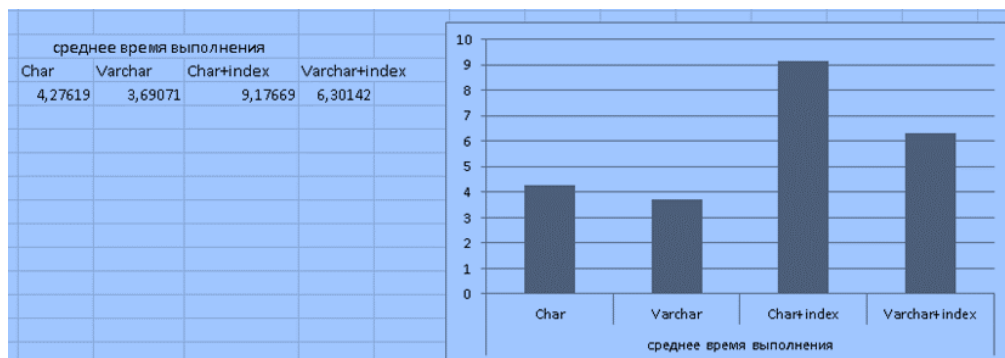


Рис. 9. Гистограмма средней производительности таблиц БД при выполнении функции DELETE

На основе полученных результатов, можно утверждать, что при вызове функции DELETE индексированные таблицы не имеют преимуществ. Вместо этого они уступают им в 2-3 раза.

С точки зрения оптимизации использования дискового пространства индексирование дает преимущество перед неоптимизированными БД: при индексировании сэкономлено пространство в данном численном эксперименте показало экономию памяти более 50%, что отражено в табл. 3.

**Сравнение объемов занимаемой памяти**

Объем занимаемой памяти			
Char	Varchar	Char+index	Varchar+index
36,5Mb	35,6Mb	21,3	20,5

Таким образом, были проведены расчеты и численные эксперименты по исследованию подходов к оптимизации баз данных MySQL путем индексирования и изменения типов данных. В результате получены результаты оптимизации тестовых БД, рассмотрена внутренняя суть процесса оптимизации.

Проведенное исследование наглядно показывает важность оптимизации путем индексирования и изменения типов данных при создании БД. Ее отсутствие может привести к серьезным потерям памяти и производственной мощности на БД больших объемов.

### Литература

1. *Проценко И.Г.* Информационная система мониторинга рыболовства // Рыбное хозяйство. Спец. вып. – 2001. – С. 3–18.
2. Базы данных: теория нормализации: Методические указания / Сост. Н.А. Кривошеева, М.Г. Таспаева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. – 48 с
3. *Карпова И.П.* Базы данных: Учебное пособие / Московский государственный институт электроники и математики (Технический университет). – М., 2009. – 131 с
4. *Кузнецов С.Д.* Основы баз данных: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ. Лабораторная знаний, 2007. – 484 с.
5. *Верхолат А.М., Суслов В.П.* Проектирование структуры базы данных: Пособие по курсовому проектированию. Изд. 2-е, испр. и доп. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2018. – 65 с.

УДК 639.2(470.26)

**Е.В. Соколова**

Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: elena.sokolova@klgtu.ru

### **АНАЛИЗ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (ЗАПАДНЫЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАСЕЙН)**

В статье приведен анализ общего допустимого улова водных биоресурсов в водных объектах рыбохозяйственного значения Калининградской области (Западный рыбохозяйственный бассейн Российской Федерации). Общий допустимый улов водных биологических ресурсов утверждается Министерством сельского хозяйства Российской Федерации на календарный год. В Балтийском море общий допустимый улов устанавливается в том числе для сельди балтийской (салаки) (*Clupea harengus membras*), шпрота (килька) (виды рода *Sprattus*), трески (*Gadus morhua callarias*), камбалы речной (*Platichthys flesus trachurus*).

**Ключевые слова:** рыболовство, общий допустимый улов, западный рыбохозяйственный бассейн, Калининградская область, сельдь балтийская (салака), шпрот (килька), треска, камбала речная.

**E.V. Sokolova**

Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: elena.sokolova@klgtu.ru

### **ANALYSIS OF THE TOTAL ALLOWABLE CATCH OF WATER BIORESOURCES IN THE KALININGRAD REGION (WESTERN FISHERIES BASIN)**

The article provides an analysis of the total allowable catch of aquatic biological resources in the water bodies of fishery importance of the Kaliningrad region (Western fisheries basin of the Russian Federation). The total allowable catch of aquatic biological resources is established by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for a calendar year. In the Baltic Sea, the total allowable catch is set for Baltic herring (herring) (*Clupea harengus membras*), sprat (*sprattus species*), cod (*Gadus morhua callarias*), flounder (*Platichthys flesus trachurus*).

**Key words:** fishing, total allowable catch, western fishery basin, Kaliningrad region, Baltic herring (herring), sprat (sprat), cod, river flounder.

Площадь российской акватории Балтийского моря составляет чуть менее 6% от общей площади. Рыболовство является важным видом экономической деятельности в Калининградской области. Задача, поставленная автором в настоящем исследовании, заключалась в анализе изменения общих допустимых уловов сельди балтийской (салаки) (*Clupea harengus membras*), шпрота (килька) (виды рода *Sprattus*), трески (*Gadus morhua callarias*), камбалы речной (*Platichthys flesus trachurus*), которые являются основой сырьевой базы рыболовства в Балтийском море [1].

Статьей 1 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 № 166-ФЗ определено понятие общего допустимого улова [2].

Западный рыбохозяйственный бассейн включает Балтийское море (с впадающими в него реками), Ладожское озеро (с впадающими реками), а также водные объекты, имеющие рыбохозяйственное значение, Псковской, Калининградской, Ленинградской и Новгородской областей и Санкт-Петербурга [3].

Калининградская область – самый западный субъект Российской Федерации (рис. 1 [4]). Рыбная промышленность Калининградской области была создана после Великой Отечественной



Рис. 1. Калининградская область

войны в 1945 г. [5]. В середине 1945 г. был основан Балтийский государственный рыбопромышленный трест (Балтгосрыбтрест) (Постановление Государственного Комитета Обороны № 9052 от 12 июня 1945 года «Об организации Балтийского государственного рыбопромышленного треста Наркомрыбпрома СССР в г. Кенигсберг»), который занимался организацией работ по добыче рыбы, обработке рыбы и ее сбыту.

Виды водных биоресурсов, для которых устанавливается общий допустимый улов, устанавливаются и утверждаются Минсельхозом России [6].

Величины значений общих допустимых уловов (ОДУ) в Западном рыбохозяйственном бассейне утверждены Министерством сельского хозяйства Российской Федерации (таблица [7–10]).

ОДУ некоторых видов водных биоресурсов на 2020–2023 гг.  
в Западном рыбохозяйственном бассейне Российской Федерации, тыс. т

Водные биологические ресурсы	2020	2021	2022	2023
Сельдь балтийская (салака)	29,1	28,5	27,2	24,2
Шпрот (килька)	46,5	45,5	44,2	45,1
Треска	5,5	3	2	1,61
Камбала речная	1,83	1,52	1,22	1,52

Салака, балтийская сельдь, *Clupea harengus tembras* является балтийским подвидом сельди. Салака распространена почти по всей территории Балтийского моря. Балтийская сельдь образует несколько взаимосвязанных форм, различающихся по времени нереста: весной и осенью. Плодовитость сельди колеблется от 3 000 до 65 000 икринок. После нереста салака, которая нерестится весной и осенью, удаляется от берега и остается в открытом море. На зиму сельдь опускается в более глубокие слои воды [11].

Салака – важный объект рыболовства в Балтийском море. Ее едят в основном в копченом, свежем и соленом виде.

Общий допустимый улов салаки снижается с 2020 г. (рис. 2). В 2020 г. величина общего допустимого улова по сельди составила 29,1 тыс. т. На 2021 г. величина ОДУ салаки равнялась 28,5 тыс. т. В 2022 г. ОДУ салаки уменьшился к предыдущему году до 27,2 тыс. т, в 2023 г. – 24,2 тыс. т.

Род шпроты – *Sprattus*. В Балтийском море шпроты во время кормления содержатся отдельными стайками, состоящими в основном из рыб того же возраста. Крупные кильки питаются дальше от берега, чем мелкие [11]. Килька – важный объект рыболовства.

Начиная с 2020 г. ОДУ шпрота (кильки) изменяется незначительно (рис. 3). В 2020 г. ОДУ кильки составил 46,5 тыс. т. На 2021 г. ОДУ кильки был 45,5 тыс. т. В 2022 г. – 44,2 тыс. т. В 2023 г. – 45,1 тыс. т.

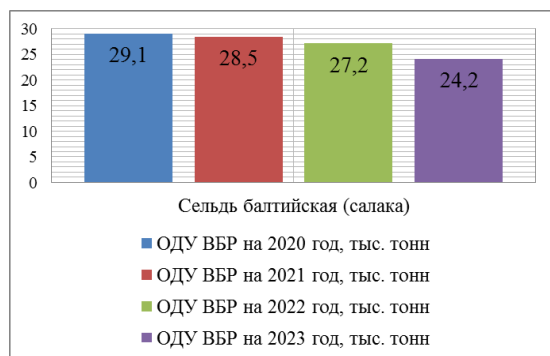


Рис. 2. Общий допустимый улов сельди балтийской (салаки)

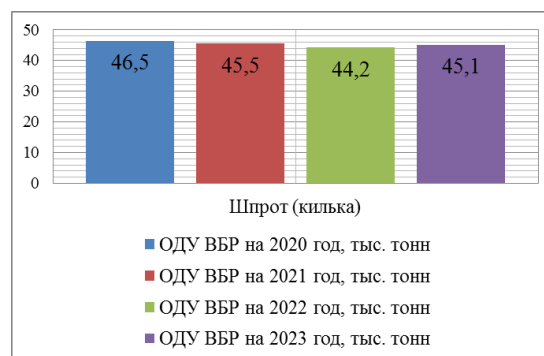


Рис. 3. Общий допустимый улов шпрота (кильки) в Балтийском море (2020–2023 гг.)

Треска (*Gadus morhua callarias*) в Балтийском море имеет значительное коммерческое значение и добывается небольшими тральщиками [11]. Нерест трески происходит во впадинах, расположенных близко ко дну, при солености не ниже 10–12 ‰

Начиная с 2020 г. ОДУ трески сильно уменьшился (рис. 4). В 2020 г. он составил 5,5 тыс. т. В 2021 г. – 3 тыс. т. В 2022 г. этот показатель снизился по сравнению с предыдущим годом до 2 тыс. т. В 2023 г. общий допустимый улов трески утвержден в объеме 1,61 тыс. т.

Камбала речная (*Platichthys flesus trachurus*) обычно бывает не больше 40 см. В Балтийском море она также встречается далеко от побережья. Речная камбала является важным объектом рыболовства, ее ловят с помощью тралов [11].

Начиная с 2020 г. общий допустимый улов остается на одном уровне (рис. 5). В 2020 г. ОДУ камбалы речной составил 1,83 тыс. т. В 2021 г. ОДУ уменьшился к предыдущему году до 1,52 тыс. т. В 2022 г. ОДУ составил 1,22 тыс. т. На 2023 г. утверждена величина общего допустимого улова камбалы речной в размере 1,52 тыс. т.

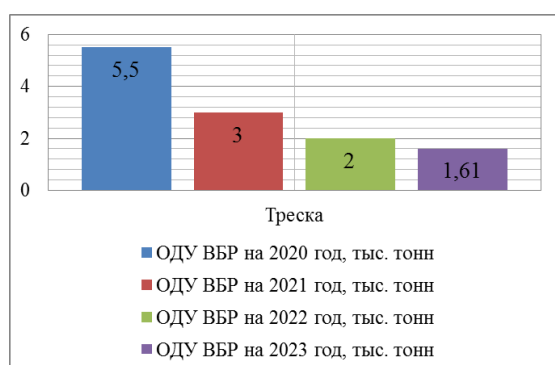


Рис. 4. Общий допустимый улов трески в Балтийском море (2020–2023 гг.)

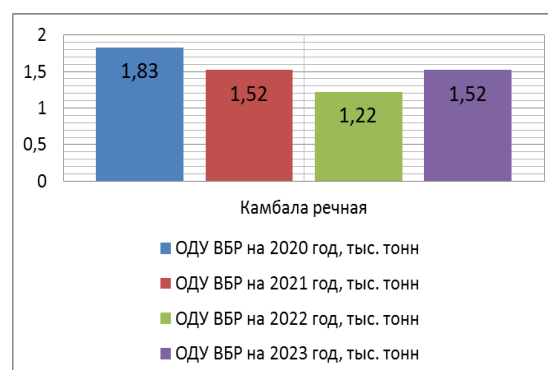


Рис. 5. Общий допустимый улов камбалы речной в Балтийском море (2020–2023 гг.)

Проанализировав величины ОДУ ВБР, можно сделать вывод, что ОДУ трески сильно снизился с 2020 г. ОДУ салаки и шпрота за рассмотренный период снизился. ОДУ камбалы речной также снизился.

## Литература

1. Сырьевые ресурсы Балтийского моря и его заливов [Электронный ресурс] / И.В. Карпушевский, Т.А. Голубкова, А.Г. Архипов // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т. 6, № 3. – С. 278–292. – URL: [http://www.vniro.ru/files/voprosy\\_rybolovstva/archive/vr\\_2015\\_t16\\_3\\_article\\_2.pdf](http://www.vniro.ru/files/voprosy_rybolovstva/archive/vr_2015_t16_3_article_2.pdf).
2. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов: Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ (ред. от 29.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2023) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_50799/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50799/) (дата обращения: 31.01.2023).
3. Об утверждении правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 620 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191354> (дата обращения: 31.01.2023).
4. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2021: Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 766 с. [Электронный ресурс]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg\\_sub21.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_sub21.pdf) (дата обращения: 31.01.2023).
5. Рыбная промышленность Калининградской области: Страницы истории / Авт.-сост.: В.А. Цуранов, Б.И. Гавриленков, А.В. Сигаева; Министерство сельского хозяйства и рыболовства Калининградской области; Союз рыбопромышленников Запада. – Калининград: Янтарный сказ, 2009. – 464 с. – ISBN 978-5-7406-1082-6.
6. Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов водных биологических ресурсов: Приказ Минсельхоза России от 08.09.2021 № 618 (с изм. и доп. от 21.09.2022) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_398274/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398274/) (дата обращения: 30.01.2023).

7. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2020 год: Приказ Минсельхоза России от 29.10.2019 № 610 (ред. от 28.08.2020) [Электронный ресурс]. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-29.10.2019-N-610/> (дата обращения: 30.01.2023).

8. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2021 год: Приказ Минсельхоза России от 09.10.2020 № 601 (ред. от 02.12.2021) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_365330/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365330/) (дата обращения: 30.01.2023).

9. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2022 год: Приказ Минсельхоза России от 19.10.2021 № 711 (ред. от 14.09.2022) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_399587/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399587/) (дата обращения: 30.01.2023).

10. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2023 год: Приказ Минсельхоза России от 30.09.2022 № 648 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_429216/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_429216/) (дата обращения: 30.01.2023).

11. *Никольский Г.В.* Частная ихтиология. Изд. 3-е, испр. и доп.: Учебник для вузов по специальности «Ихтиология». – М.: Высшая школа, 1971. – 472 с.

УДК 656.6:629.5.083.5(571.66)

**Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.О. Рогожников, Ю.В. Крутень**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

## **К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУДОРЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОРСКИХ СУДОВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

Ремонт и техническое обслуживание морских судов и кораблей в Российской Федерации осуществляют 50 крупных и более 100 средних и малых судоремонтных предприятий. С целью удовлетворения потребностей РФ до 2035 г. необходимо строительство новых судов с целью увеличения российского флота. С целью повышения эффективности ремонта и технического обслуживания морских судов в Камчатском крае необходимо создать территориальный судоремонтный кластер. Авторы считают, что к созданию судоремонтного кластера Камчатского края необходимо привлечь молодежную научную школу КамчатГТУ, которая может участвовать в разработке мероприятий, предусмотренных стратегией. Следует также отметить, что творческий коллектив, состоящий из работников КамчатГТУ и ГУП «Камчатский водоканал», в 2021–2022 гг. при финансовой поддержке правительства Камчатского края успешно выполнил полевые испытания импортных технических средств, предназначенных для цифрового мониторинга месторождений подземных питьевых вод. В период с 2017 г. по 2022 г. молодежная научная школа КамчатГТУ также выполнила большой объем научных исследований в области защиты судов и кораблей от коррозии. Поэтому результаты и накопленный опыт школы целесообразно использовать для развития судоремонта.

**Ключевые слова:** судоремонтный кластер, техническое обслуживание, полевые испытания, судоремонт, научная школа.

**D.P. Yasterbov, O.A. Belov, V.A. Shvetsov, A.O. Rogozhnicov, Yu.V. Kruten**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

## **TO THE QUESTION OF IMPROVEMENT OF SHIP REPAIR AND MAINTENANCE OF SEA VESSELS OF THE KAMCHATKA TERRITORY**

Repair and maintenance of sea vessels and ships in the Russian Federation is carried out by 50 large and more than 100 medium and small ship repair enterprises. In order to meet the needs of the Russian Federation it is necessary to build new ships until 2035 to increase the Russian fleet. In order to increase the efficiency of repair and maintenance of sea vessels in the Kamchatka Territory, it is necessary to create a territorial ship repair cluster. The authors believe that it is necessary to involve the youth scientific school of KamchatSTU in the creation of a ship repair cluster in the Kamchatka Territory, which can participate in the development of activities under the strategy. It should also be noted that in 2021-2022 the creative team, consisting of employees of KamchatSTU and the state unitary enterprise "Kamchatsky Vodokanal" with the financial support of the government of Kamchatka Krai, successfully completed field tests of imported technical equipment designed for digital monitoring of underground drinking water deposits. In the period from 2017 to 2022, the youth scientific school of KamchatSTU also carried out a large amount of scientific research in the field of protecting ships and vessels from corrosion. Therefore, the results and accumulated experience of the school should be used for the development of ship repair.

**Key words:** ship repair cluster, maintenance, field tests, ship repair, scientific school.

Ремонт и техническое обслуживание морских судов и кораблей в Российской Федерации осуществляют «50 крупных и более 100 малых и средних судоремонтных предприятий» [1].

С целью удовлетворения потребностей РФ до 2035 г. необходимо строительство «более 1 500 транспортных судов класса «река-море», 1 640 рыбопромысловых судов, более 250 судов вспомогательного и технического флотов» [1].



С целью повышения эффективности ремонта и технического обслуживания морских судов в Камчатском крае необходимо создать территориальный судоремонтный кластер, состоящий «из поставщиков судового комплектующего оборудования специализированных организаций, предоставляющих производственные и сервисные услуги научно-исследовательских и образовательных организаций» [1].

Авторы считают, что к созданию судоремонтного кластера Камчатского края необходимо привлечь молодежную научную школу КамчатГТУ, которая может участвовать в разработке следующих мероприятий, предусмотренных Стратегией [1]:

- увеличении доли использования станочного оборудования с числовым программным управлением;
- внедрении информационных технологий;
- создании испытательной базы для судовых технических средств;
- разработке опытных образцов средств судовой автоматики;
- разработке и внедрении новых систем контроля качества судостроительных материалов и изделий;
- формировании эффективной системы мониторинга и контроля качества серии судового комплектующего оборудования;
- изготовлении корпусных конструкций с минимальными допусками.

Заметим, что «стимулирование развития научных школ в судостроении, приборостроении, ... и электротехники», предусмотрено Стратегией РФ [1].

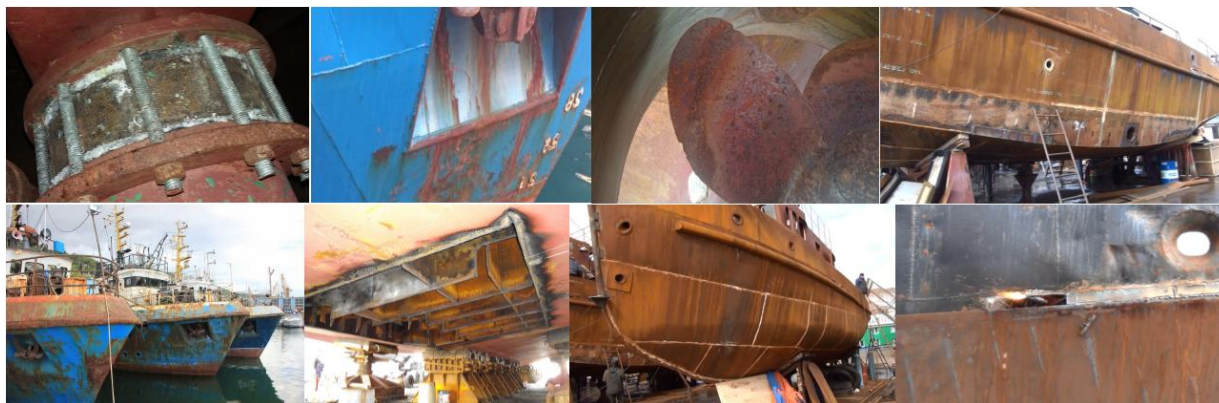
Следует также отметить, что творческий коллектив, состоящий из работников КамчатГТУ и ГУП «Камчатский водоканал», в 2021–2022 гг. при финансовой поддержке правительства Камчатского края успешно выполнил полевые испытания импортных технических средств, предназначенных для цифрового мониторинга месторождений подземных питьевых вод. В результате испытаний [2] трех технических средств одно из них не рекомендовано для использования на водозаборах Камчатского края.

В период с 2017 г. по 2022 г. молодежная научная школа КамчатГТУ также выполнила большой объем научных исследований [3–14] в области защиты судов и кораблей от коррозии. Показано [3–8], что качество ремонта судовых систем защиты от коррозии часто (50% отремонтированных судов) не соответствует требованиям нормативных документов [15–17]. В таблице показан сокращенный перечень результатов натуральных и эксплуатационных исследований протекторной защиты после ремонта, выполненных на судах камчатского флота молодежной научной школой в 2017–2018 гг.

**Результаты натуральных и эксплуатационных исследований протекторной защиты (ПЗ) после ремонта, выполненных на судах камчатского флота**

Дата обследования:	Название судна:	Результат обследования:
10.10.2017	СРТ «Братцев»	Отлично
12.05.2017	МРС-024	Удовлетворительно
12.05.2017	МРС-114	Удовлетворительно
12.05.2017	МРС-049	Удовлетворительно
12.05.2017	МРС-039	Удовлетворительно
12.05.2017	МРС-326	Удовлетворительно
12.05.2017	СРТ «Маяк»	Неудовлетворительно
19.04.2017	МРС-324	Неудовлетворительно
19.04.2017	МРС-120	Неудовлетворительно
13.07.2017	«МаринСтар»	Неудовлетворительно
08.09.2017	Катер МБ-424	Неудовлетворительно
12.09.2017	МРС-150	Неудовлетворительно
12.09.2017	МРС-020	Неудовлетворительно
12.09.2017	МРС-343	Неудовлетворительно
05.10.2017	СТ-420 «Ветровой»	Неудовлетворительно
16.10.2017	ПЖС-219	Отлично
22.06.2018	МРС-225	Удовлетворительно
22.10.2018	СРП	Неудовлетворительно

Последствия невыполнения требований этих нормативных документов показаны на рисунке.



*Результаты преждевременного коррозионного износа корпуса судна и судовых конструкций*

Однако, несмотря на высокую практическую значимость результатов научных исследований в области защиты судов от коррозии [3–14], они не внедрены на судах Камчатского края по причинам, указанным в работах [3, 7–14].

Можно сделать следующие выводы:

1. Для совершенствования судоремонта и технического обслуживания морских судов Камчатского края необходима консолидация усилий органов государственной власти, научно-образовательного и предпринимательского сообществ.
2. Правительству Камчатского края необходимо сформулировать первоочередные задачи, которые нужно решить научно-образовательному сообществу Камчатского края с целью развития судоремонта и технического обслуживания морского флота.
3. Для решения этих задач необходимо обеспечить финансирование поисковых исследований и обеспечить создание опережающего научного задела в интересах развития судоремонтного кластера Камчатского края.

### Литература

1. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 октября 2019 г. № 2553-р. // Правительство Российской Федерации. – 2019. – № 2553-р.
2. Белавина О.А., Швецов В.А., Опришко Б.А. Исследование метрологических характеристик результатов измерений динамического и статического уровней подземных вод в эксплуатационной скважине // Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами: Материалы X междунар. науч.-практ. конф. / Отв. за выпуск А.О. Шуликов. – Петропавловск-Камчатский, 2021. – С. 121–124.
3. Контроль систем протекторной защиты стальных судов и кораблей / В.А. Швецов, О.А. Белов, П.А. Белозеров, Д.В. Шунькин: Моногр. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2016. – 109 с.
4. Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов камчатского флота / О.А. Белов, В.А. Швецов, Д.П. Ястребов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – Вып. 39. – С. 6–11.
5. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / В.А. Швецов, О.А. Белов, О.А. Белавина, Д.П. Ястребов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2017. – № 1. – С. 29–38.
6. Белов О.А., Швецов В.А., Ястребов Д.П. Обоснование оптимальной периодичности контроля работы протекторной защиты стальных корпусов судов // Эксплуатация морского транспорта. – 2017. – № 1 (82). – С. 41–48.

7. О выборе электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина // Вестник Астраханского государственного технического университета Сер.: Морская техника и технология. – 2019. – № 4. – С. 39–45.

8. Разработка автоматизированной системы контроля протекторной защиты корпусов рыбопромысловых судов / О.А. Белов, Д.П. Ястребов, А.О. Рогожников, В.А. Швецов, С.А. Зайцев, Б.В. Тарабанов // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы XI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 24–25 марта 2020 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. – С. 82–85.

9. К вопросу использования цинковых электродов для контроля протекторной защиты судов и кораблей / Д.П. Ястребов, Д.В. Шунькин, А.А. Рогожников, Г.В. Кузнецов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – Астрахань, 2021. – Вып. 2. – С.16–23.

10. К вопросу использования алюминиевых электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов, Б.В. Тарабанов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – Астрахань, 2021. – Вып. 3. – С. 23–32.

11. Ястребов Д.П. К вопросу использования медных электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – Астрахань, 2021. – Вып. 4. – С. 43–51.

12. О целесообразности использования хлорсеребряных электродов для контроля систем протекторной защиты стального корпуса судна / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 23–25 октября 2019 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. – С. 121–124.

13. К вопросу использования стальных пластин для контроля протекторной защиты корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, С.А. Зайцев // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 23–25 октября 2019 г.). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. – С. 125–129.

14. К вопросу использования электродов из судокорпусной стали для контроля защищенности от коррозии корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, Б.В. Тарабанов, С.А. Зайцев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2020. – № 2. – С. 15–21.

15. РД 31.28.10-97. Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200049727> (дата обращения: 11.09.2022).

16. ГОСТ 9.056-75. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите при долговременном стояночном режиме [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (дата обращения: 11.09.2022).

17. ГОСТ 26501-85. Корпуса морских судов. Общие требования к электрохимической защите. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 7 с.

### Секция 3. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 556.332.52

**О.А. Белавина<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>1</sup>, Б.А. Опрышко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>2</sup> Камчатский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ № 24 АВАЧИНСКОГО ВОДОЗАБОРА

Организация, ведение мониторинга подземных вод и его совершенствование включены в список важных государственных и народнохозяйственных задач. Цель исследования – изучение метрологических характеристик результатов измерения температуры питьевой воды в скважине № 24 Авачинского водозабора, полученных с помощью автоматических датчиков-регистраторов Levelogger Edge. Авторами сделаны выводы: все приборы Levelogger Edge должны проходить проверку в полевых условиях, и при этом следует оценивать воспроизводимость результатов измерений температуры и систематическое расхождение между результатами измерений, полученными с помощью проверяемого и эталонного приборов.

**Ключевые слова:** измерение температуры подземных вод, мониторинг водных ресурсов, Levelogger Edge, Авачинский водозабор.

**O.A. Belavina<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, B.A. Opryshko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>2</sup> Kamchatsky vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru

#### INVESTIGATION OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RESULTS OF MEASURING THE TEMPERATURE OF DRINKING WATER IN WELL № 24 OF THE AVACHA WATER INTAKE

The organization, monitoring of groundwater and its improvement are included in the list of important state and national economic tasks. The purpose of the study is to study the metrological characteristics of the results of measuring the temperature of drinking water in the well No. 24 of the Avacha water intake, obtained using automatic sensors-loggers Levelogger Edge. The authors concluded that all Levelogger Edge devices should be tested in the field and at the same time the reproducibility of temperature measurement results and the systematic discrepancy between the measurement results obtained using the tested and reference devices should be evaluated.

**Key words:** measurement of groundwater temperature, monitoring of water resources, Levelogger Edge, Avacha water intake.

Одно из наиболее ценных полезных ископаемых представляют собой подземные воды. Использование подземных вод в различных областях промышленности, сельского хозяйства и социальной сфере постоянно возрастает [1, 2]. В Камчатском крае основным источником питьевого водоснабжения являются подземные воды. Поэтому организация, ведение мониторинга

подземных вод и его совершенствование включены в список важных государственных и народнохозяйственных задач [2, 3].

Приборы и оборудование, используемые при гидрогеологических исследованиях, в том числе термометрическая аппаратура, должны регулярно проверяться не реже одного раза в год и после ремонтов любого вида. Кроме того, проверку необходимо выполнять и в лабораторных и в полевых условиях. В обязательную контрольную проверку термометрических приборов входят проверка времени выдержки и проверка воспроизводимости показаний [4].

Время выдержки определяется для каждого термометрического прибора путем проведения серии измерений с увеличением выдержки от 1 до 5 часов на глубине более 20 м. В полевых условиях проверочный термометр вместе с эталонным термометром помещается на глубину 25–30 м со стабильной во времени температурой. Затем, после соответствующей выдержки одновременно проверяемым и эталонным приборами измеряют температуру. Далее вносят поправку к результатам непосредственных измерений, вычисляемую как разницу в показаниях. Существенными недостатками проверки приборов в полевых условиях являются низкая экспрессность и высокая трудоемкость измерений. Кроме того, на точность результатов измерений влияет человеческий фактор [4].

В настоящее время для выполнения измерений температуры используются автоматические датчики-регистраторы Levelogger Edge [5]. Специалистам, осуществляющим наблюдения за режимом температуры подземных вод, необходимо определить время выдержки приборов Levelogger Edge и воспроизводимость результатов измерений температуры, полученных с их помощью [6]. Рекомендации по установке времени выдержки датчиков в подземных водах, указанные разными нормативными документами существенно различаются [2, 4, 6, 7]. Следовательно, для объективной оценки времени выдержки требуются дополнительные исследования.

*Цель исследования* – изучение метрологических характеристик результатов измерения температуры питьевой воды в скважине № 24 Авачинского водозабора.

*Экспериментальная часть*

Объект – эксплуатационная скважина № 24 Авачинского водозабора Елизовского месторождения питьевых вод;

Период проведения проверки – 17.12.2020 г. (с 15:32:20 по 16:36:00);

Проверяемый прибор – датчик-регистратор Levelogger Edge M10 №1;

Эталонные, новые приборы [8]:

Levelogger Edge M10 – № 2 и № 3; Levelogger Edge TCM100 – № 4 и № 5.

*Порядок выполнения эксперимента*

- Проверяемый и эталонные приборы установили в специальное подвесное устройство;
- Включили в режим «Измерение» в 15:30:00;
- Приборы опустили в скважину; Соприкосновение приборов с водой произошло в 15:32:20;
- Погружение приборов в воду на глубину 10 м в период времени с 15:32:20 по 15:34:10;
- Нахождение приборов на глубине 10 м до 16:30:30;
- Интервал между измерениями 10 с;
- Полученные результаты измерений оценивали в ходе эксперимента;
- Математическая обработка результатов измерений за период с 16:12:00 по 16:30:00.

Анализ результатов измерений показал следующее:

- Расхождение начальных и конечных результатов измерений не превышает 0,01°C;
- Результаты измерений температуры, полученные с помощью прибора № 1, содержат систематическую погрешность, так как прибор эксплуатировался в течение пяти лет и не проходил проверку [5];

– Между результатами измерений, полученных с помощью прибора № 1, и остальными результатами существует значимое систематическое расхождение.

Для подтверждения полученных выводов выполнили статистическую обработку результатов измерений температуры, полученных в период времени с 16:12:00 по 16:30:00 (табл. 1 и 2). При изучении метрологических характеристик оценку однородности дисперсий выполняли по критерию Кохрена [9, 10]; оценку значимости расхождений средних результатов показаний приборов – по критерию Стьюдента [9, 10] (табл. 2).

Таблица 1

Статистические расчеты

№ прибора	Результаты измерения, °С	Кол-во результатов	Среднее значение, °С	Дисперсия	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
1	0,300	20	0,298	0,000001389	0,001179	0,4
	0,299	36				
	0,298	28				
	0,297	22				
	0,296	3				
2	0,178	2	0,175	0,000001213	0,001101	0,6
	0,177	8				
	0,176	18				
	0,175	42				
	0,174	31				
	0,173	8				
3	0,193	21	0,191	0,000001278	0,001278	0,6
	0,192	31				
	0,191	37				
	0,190	19				
	0,189	1				
4	0,197	5	0,195	0,000001574	0,001255	0,6
	0,196	44				
	0,195	39				
	0,194	6				
	0,193	7				
	0,192	8				
5	0,189	12	0,187	0,000001139	0,001068	0,6
	0,188	23				
	0,187	49				
	0,186	16				
	0,185	9				

Таблица 2

Оценка значимости расхождений средних результатов

№ п/п	Сравниваемые дисперсии	Вычисление дисперсий	Сравнение с табличным значением	Заключение
1	$S_1^2 = 0,000001389$ ; $S_2^2 = 0,000001213$ ; $S_3^2 = 0,000001278$ ; $S_4^2 = 0,000001574$ ; $S_5^2 = 0,000001139$ ;	Суммарная дисперсия $S_{1-5}^2 = 0,000006593$ ;	$G_{\max} = 0,2387 < G_{\max}(0,05$ ; $m = 5; f = 09) = 0,2513$ ; (критерий Кохрена)	Сравниваемые дисперсии однородны
2	$S_1^2 = 0,000001389$ ; $S_4^2 = 0,000001574$ ; (показания приборов № 1 и № 4, наиболее близкие по среднему значению)	Среднее значение дисперсий $0,000001482$ ; $f = 216$ ;	$t = 624,77 \gg t(0,001; 216) = 3,37$ ; (критерий Стьюдента)	Между результатами измерений температуры, полученными с помощью прибора № 1 и остальных приборов, существует значимое систематическое расхождение
3	$S_2^2 = 0,000001213$ ; $S_4^2 = 0,000001574$ ; (показания приборов № 2 и № 4, наиболее различающиеся по среднему значению)	Среднее значение дисперсий $0,0000013935$ ; $f = 216$ ;	$t = 125,08 \gg t(0,001; 216) = 3,37$ ; (критерий Стьюдента)	Между результатами измерений температуры, полученными с помощью прибора № 2 и приборов № 3, 4, 5, существует значимое систематическое расхождение
4	$S_4^2 = 0,000001574$ ; $S_5^2 = 0,000001139$ ; (показания приборов № 4 и № 5, наиболее различающиеся по среднему значению)	Среднее значение дисперсий $0,0000013565$ ; $f = 216$ ;	$t = 50,71 \gg t(0,001; 216) = 3,37$ ; (критерий Стьюдента)	Между результатами измерений температуры, полученными с помощью прибора № 5 и приборов № 3, 4, существует значимое систематическое расхождение
5	$S_3^2 = 0,000001278$ ; $S_4^2 = 0,000001574$ ; (показания приборов № 3 и № 4, наиболее близкие по среднему значению)	Среднее значение дисперсий $0,000001426$ ; $f = 216$ ;	$t = 24,73 \gg t(0,001; 216) = 3,37$ ; (критерий Стьюдента)	Между результатами измерений температуры, полученными с помощью прибора № 3 и прибора № 4, существует значимое систематическое расхождение

Анализ изучения метрологических характеристик результатов измерений и их статистической обработки выявил следующее:

- Прибор № 1 можно использовать для измерений с учетом поправки  $-0,11^{\circ}\text{C}$ ;
- На показания прибора № 2 не следует ориентироваться как на эталонные, так как они отличаются от показаний приборов № 3, № 4 и № 5 более чем  $0,01^{\circ}\text{C}$ .
- Показания приборов № 3, № 4 и № 5 можно принять в качестве эталонных, так как расхождение составляет меньше  $0,01^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, все приборы Levellogger Edge, должны проходить проверку в полевых условиях и при этом следует оценивать воспроизводимость результатов измерений температуры и систематическое расхождение между результатами измерений, полученными с помощью проверяемого и эталонного приборов.

### Литература

1. Черняев А.М. и др. Россия: водохозяйственное устройство. – Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 1999. – 400 с.
2. Методические рекомендации по организации мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. – М.: Государственный центр мониторинга геологической среды МПР России, 2000. – 24 с.
3. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод: Методические рекомендации / Сост. Б.В. Боровский, Л.С. Язвин, В.П. Закутин; АОЗТ «ГИДЭК». – М.: МПР РФ, 1998. – 80 с.
4. Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод / Сост. Н.М Фролов, В.Н. Шкатулкин. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. – 40 с.
5. Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А. Совершенствование метода контроля пьезометрического уровня подземных вод в эксплуатационных скважинах Камчатского края // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – № 3. – С. 16–19.
6. Преобразователи (регистраторы) давления измерительные Levellogger, Aqua Vent, Barologger. Методика поверки. – Видное, 2017. – 13 с.
7. LTC Levellogger Edge [Электронный ресурс]. – URL: [https:// solinst.com/products/data/3001-ltc-edge.pdf](https://solinst.com/products/data/3001-ltc-edge.pdf) (дата обращения: 22.05.2019).
8. Миф Н.П. Методы выполнения измерений. Методический материал в помощь метрологам. – М.: ТОО «ТОТ», 1996. – 35 с.
9. Смагунова А.Н., Корнукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во Иркут. Гос. ун-та, 2008. – 339 с.
10. Смагунова А.Н., Шмелёва Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. – Новосибирск: Наука, 2008. – 60 с.

УДК 504.5:631.41(571.66)

**С.В. Ермакова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: svermakova87@mail.ru*

## **СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ БОРА И МАРГАНЦА В ПОЧВАХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ**

Приведены результаты исследований содержания подвижных форм микроэлементов (бор, марганец), проведены группировка почв по эколого-токсикологическим показателям и оценка состояния пахотного горизонта почв пашни земель сельскохозяйственного назначения на территории Елизовского района Юго-Восточной Камчатки в 2019–2021 гг. Определено, что торфяные почвы среднеобеспечены подвижными формами бора и марганца, супесчаные почвы характеризуются средним и высоким содержанием бора. В супесчаных почвах выявлено накопление подвижного марганца до высокого уровня по сравнению с низкими и пониженными показателями средних его значений 2019 года.

**Ключевые слова:** микроэлементы, подвижный бор, подвижный марганец, супесчаные почвы, торфяные почвы, эколого-токсикологическая оценка.

**S.V. Ermakova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: svermakova87@mail.ru*

## **CONTENT OF MOBILE FORMS OF BORON AND MANGANESE IN SOILS OF AGRICULTURAL LANDS OF SOUTH-EAST KAMCHATKA**

The results of studies of the content of mobile forms of microelements (boron, manganese) are presented, soils are grouped according to ecological and toxicological indicators, and the state of the arable horizon of soils of arable land for agricultural purposes in the Yelizovsky district of South-Eastern Kamchatka in 2019–2021 is assessed. It has been determined that peat soils are moderately supplied with mobile forms of boron and manganese, sandy loamy soils are characterized by medium and high boron content. In sandy loamy soils, the accumulation of mobile manganese to a high level was revealed compared to the low and low rates of its average values in 2019.

**Key words:** trace elements, mobile boron, mobile manganese, sandy loam soils, peat soils, ecological and toxicological assessment.

Микроэлементы являются важным звеном в кругообороте человек – растение – животное. Незаменимо их участие в углеводном и азотном обменах, окислительно-восстановительных процессах, их присутствие в ферментах, гормонах, витаминах повышает устойчивость живых организмов к болезням и неблагоприятным внешним условиям. Недостаточное содержание микроэлементов в почвах снижает урожайность растений и их качественные характеристики, нарушает стабильность деятельности организмов человека и животных, провоцирует развитие различных заболеваний. Избыточное количество микроэлементов в почве является причиной их накопления в растениях, что в свою очередь приводит к развитию тяжелых заболеваний как животных, так и человека [1].

Бор усиливает развитие репродуктивных органов и проводящих сосудов растений, увеличивает процент оплодотворенных завязей, оказывает положительное влияние на работу ферментов и регуляторов роста. Бор важен на клеточном уровне, как компонент клеточной оболочки стимулирует деление клеток и необходим в синтезе белков. Дефицит бора в почвах приводит к снижению урожая и качества сельскохозяйственных культур. При недостатке бора отмирают



верхушечные почки и корешки, усиленно развиваются боковые побеги, наблюдается хлороз на верхушечных листьях; слабое цветение, мало или совсем не образуются семена или плоды.

Высокое содержание бора задерживает рост растений, вызывает токсическую реакцию организма. Избыточное накопление бора в листовых пластинках вызывает своеобразный ожог нижних листьев, появляется краевой некроз. Листья деформируются, закручиваясь вверх или вниз, образуют куполообразную форму. Реакция на повышенное содержание бора в почвах различна для сельскохозяйственных культур, но его содержание выше 30 мг/кг почвы вызывает развитие серьезных заболеваний растений и в дальнейшем животных и человека [2–4].

Марганец участвует в фотосинтезе и окислительно-восстановительных процессах, взаимодействует с железом в ферментных системах. Участвует в синтезе витамина С, усиливает накопление сахаров в корнеплодах. От недостатка марганца в почве особенно сильно страдают кормовые корнеплоды, картофель и многие овощные. У растений дефицит марганца проявляется в образовании мелких хлоротичных пятен на листовой поверхности, которые смыкаются и образуют участки отмершей листовой ткани при сильно выраженном марганцевом голодании, что приводит к гибели растений.

Для растений вреден как дефицит, так и избыток марганца. Избыточное его содержание приостанавливает рост растения и также приводит к его гибели. Наибольшая токсичность марганца проявляется на кислых почвах, особенно при применении физиологически кислых форм удобрений, так как они усиливают процессы подкисления почвенного раствора и перехода марганца в подвижную форму, активно поступающую в растения [5–7].

В почвенных горизонтах происходит как накопление, так и вымывание микроэлементов из верхних горизонтов почвенного профиля. Их накопление увеличивается при внесении удобрений, наличии техногенных и природных загрязнений. В целях проведения экологического контроля необходимо выделить территории, характеризующиеся дефицитом и избыточным содержанием микроэлементов в почве. Особенно важно контролировать почвы земель сельскохозяйственного назначения с активным применением органических и минеральных удобрений, которые содержат в своем составе микроэлементы (например, марганезированный суперфосфат).

Объектами исследования в настоящей работе являются пахотные угодья Юго-Восточной Камчатки, расположенные на различных типах почв. Так, обследованы территория охристых дерново-перегнойных погребенно-гумусовых супесчаных окультуренных почв (площадь 182,7 га, бывший совхоз «Камчатский», п. Лесной) и территория полугидроморфных перегнойно-глеватых погребенно-гумусовых слабоокультуренных почв (площадь 86,7 га, СХП «Начикинский», п. Сокоч, п. Начики).

Отбор почвенных проб проводился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб», регулирующего отбор проб пахотных земель, лесных питомников и регламентирующий методы отбора при агрохимическом и эколого-токсикологическом обследовании [8]. Мероприятия по отбору почвенных проб проводились в период 2019–2021 гг. с помощью тростевого почвенного бура на глубину пахотного слоя 0–25 см. С каждого земельного участка отобрано по одному смешанному почвенному образцу, который состоял из 25–40 точечных проб. Для проведения токсикологических исследований отобрано 10 почвенных проб.

Хранение почвенных образцов осуществлялось в специализированном помещении ФГБУ ЦАС «Камчатский». Высушенные образцы почв в пластиковых контейнерах были размещены в помещении лаборатории, где хранились при комнатной температуре. В специализированной лаборатории проведены токсикологические исследования почвенных образцов по определению в них микроэлементов (подвижные формы бора и марганца) в соответствии с установленными методиками [9, 10].

Данные результатов исследований представлены в табл. 1 и 2.

Анализ динамики аккумуляции подвижного марганца в супесчаных почвах за период 2019–2021 гг. показал существенное увеличение его содержания: от 23 мг/кг почвы – 2019 г. до высоких показателей в 2020 г. – 149 мг/кг почвы и 2021 г. – 175 мг/кг почвы. Соответственно, можно сделать вывод, что на обследованной территории в супесчаных почвах происходит накопление марганца (табл. 3).

Динамика содержания подвижного марганца в торфянистых почвах стабильна в период 2019–2021 гг., его концентрация изменялась незначительно и оставалась на низком (20–27 мг/кг почвы) и среднем (46–65 мг/кг почвы) уровнях (табл. 3).

Таблица 1

Содержание подвижных форм микроэлементов (бор, марганец) в почве (глубина отбора 0–25 см),  
место отбора: СХП «Совхоз» «Начикинский» 2019–2021 гг.

№ поля	Гранулометрический состав	Бор (В) подвижная форма, мг/кг почвы	Марганец (Mn) подвижная форма, мг/кг почвы
<i>2019 год</i>			
90	Торф	0,69	29
93/1	Торф	0,47	46
93/2	Торф	0,58	34
98	Торф	0,51	33
99	Торф	0,73	31
<i>2020 год</i>			
90	Торф	0,50	55
93/1	Торф	0,33	44
93/2	Торф	0,61	65
98	Торф	0,28	28
99	Торф	0,76	20
<i>2021 год</i>			
90	Торф	1,05	48
93/1	Торф	0,94	44
93/2	Торф	0,43	60
98	Торф	0,43	27
99	Торф	0,33	34

Таблица 2

Содержание подвижных форм микроэлементов (бор, марганец) в почве (глубина отбора 0–25 см),  
место отбора: бывший совхоз «Камчатский» 2019–2021 гг.

№ поля	Гранулометрический состав	Бор (В) подвижная форма, мг/кг почвы	Марганец (Mn) подвижная форма, мг/кг почвы
<i>2019 год</i>			
2	Супесь	0,51	51
3	Супесь	0,49	38
4	Супесь	0,47	34
5	Супесь	0,39	26
6	Супесь	0,43	23
<i>2020 год</i>			
2	Супесь	1,01	103
3	Супесь	0,72	89
4	Супесь	1,58	149
5	Супесь	0,83	134
6	Супесь	0,97	147
<i>2021 год</i>			
2	Супесь	0,58	115
3	Супесь	0,80	145
4	Супесь	1,06	129
5	Супесь	0,56	175
6	Супесь	0,68	101

Таблица 3

Динамика изменений усредненного содержания подвижных форм бора и марганца в почвах

Года	Гранулометрический состав почвы	Подвижные формы микроэлементов, мг/кг почвы		Гранулометрический состав почвы	Подвижные формы микроэлементов, мг/кг почвы	
		марганец	бор		марганец	бор
2019	Супесь	23–51	0,43–0,51	Торф	31–46	0,47–0,73
2020	Супесь	89–149	0,83–1,58	Торф	20–65	0,28–0,76
2021	Супесь	101–175	0,56–1,06	Торф	27–60	0,33–1,05

Сравнительная характеристика изменений содержания в супесчаной почве подвижного бора также выявила увеличение его числовых показателей на среднем уровне (в среднем с 0,43 до 0,83 мг/кг почвы) и повышение до высоких значений (в среднем до 1,58 мг/кг почвы) в 2019 г. по сравнению с периодом 2020–2021 гг. Следует отметить, что в 2020–2021 гг. содержание бора остается стабильным – на среднем (0,83–0,56 мг/кг почвы) и высоком (1,58–1,06 мг/кг почвы) уровнях (табл. 3).

В торфянистых почвах за период 2019–2021 гг. динамика содержания подвижного бора остается стабильной [11].

По результатам исследований почвы на содержание подвижных форм микроэлементов в 2019–2021 гг., в соответствии с методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [11], группа полей (5 полей, общей площадью 86,7 га), размещающихся на полугидроморфных перегнойно-глееватых погребенно-гумусовых слабокультуренных почвах территории СХП «Совхоз» Начикинский» (п. Сокоц, п. Начики), в целом на 90% среднеобеспеченны бором и марганцем.

Группа полей (5 полей, общей площадью 182,7 га), расположенных на охристых дерново-перегнойных погребенно-гумусовых окультуренных почвах территории бывшего совхоза «Камчатский» (п. Лесной), имели среднее и высокое обеспечение бором и высокое содержание марганца, за исключением 2019 г. – выявлено низкое и среднее содержание марганца.

### Литература

1. Белек А.Н., Соловьева В.М., Ондар Д.С. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах пашни республики Тыва // *Агрохимический вестник*. – 2016. – № 5. – С. 20–22.
2. Иванов Г.М. Микроэлементы-биофилы в ландшафтах Забайкалья: Монография. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦСОРАН, 2007. – 239 с.
3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
4. Красницкий В.М., Азаренко Ю.А. Содержание микроэлементов в системе почва – растение в агроценозах Омского Прииртышья // *Плодородие*. – 2017. – № 5. – С. 28–31.
5. Почвенно-агрохимические аспекты распространения марганца и кобальта в почвах сельскохозяйственных угодий Калининградской области / В.И Панасин, Т.А. Шогенов, М.И. Вихман, Д.А. Рымаренко // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2017. – № 3. – С. 3–8.
6. Пузанов А.В. Приоритетные микроэлементы (I, Se, Mn, Co, Cu, Zn, Hg) в наземных экосистемах Тувинской горной области: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 43 с.
7. Сергеев А.П., Липатникова Т.Я., Волошин Е.И. Микроэлементы в почвах Минусинской лесостепной зоны Красноярского края // *Агрохимический вестник*. – 2017. – № 2. – С. 48–50.
8. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
9. ГОСТ Р 50688-94 Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 16 с.
10. ГОСТ Р 50682-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 14 с.
11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

УДК 628.1+628.3

**А.И. Задорожный, М.А. Симахина**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: demagog@inbox.ru*

### **ПРОБЛЕМЫ ОТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КЕМПИНГОВ И ГЛЭМПИНГОВ**

В статье рассматриваются проблемы проектирования и строительства систем очистных сооружений при обустройстве кемпингов и глэмпингов на территории Камчатского края. Показаны существующие сооружения отведения сточных вод в кемпингах и глэмпингах на Халактырском пляже в Петропавловск-Камчатском городском округе и их недостатки.

**Ключевые слова:** кемпинг, глэмпинг, экологический туризм, системы очистных сооружений, проблема сохранения окружающей среды.

**A.I. Zadorozhnyy, M.A. Simakhina**

*Kamchatka State Technical University;  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;  
e-mail: demagog@inbox.ru*

### **PROBLEMS OF WASTEWATER DISPOSAL OF CAMPINGS AND GLAMPINGS**

The article deals with the problems of designing and building systems of treatment facilities for the arrangement of campsites and glamping sites in the Kamchatka Territory. The existing facilities for wastewater disposal in campsites and glampings on Khalaktyrsky beach in the Petropavlovsk-Kamchatsky urban district and their shortcomings are shown.

**Key words:** camping, glamping, ecological tourism, treatment plant systems, проблема сохранения окружающей среды.

Интенсификация развития туристической отрасли в Российской Федерации в целом и на территории Камчатского края в частности привела к формированию нового направления в туризме – «экологический туризм» – как ответ на стремление людей быть ближе к природе.

В последнее время наибольшую привлекательность для туристов вызывают территории, имеющие статус охраняемых и особо охраняемых, так как именно на них природная среда сохранилась в первозданном виде. Реализация на спрос на средства размещения, расположенные в экологически чистых местах, происходит путем обустройства кемпингов и глэмпингов, как, например, на берегу Халактырского пляжа, расположенного в Петропавловск-Камчатском городском округе Камчатского края (рис. 1). Дорога, ведущая до пляжа, занимает около 1,5–2 часов от аэропорта. Поэтому желание предпринимателей разместить места отдыха вблизи от этих территорий или непосредственно на них вполне очевидно.



Рис. 1. Кемпинги и глэмпинги на берегу Халактырского пляжа, Камчатский край

При обустройстве домов отдыха и тому подобных объектов уделяется большое внимание проблеме сохранения окружающей среды, в том числе путем проектирования и строительства очистных сооружений с учетом особенностей каждого объекта. В то же время при обустройстве кемпингов к решению проблемы водоотведения стоков подходят по остаточному принципу. Чаще всего для этого используются разнообразные туалеты (рис. 2), из которых удаление стоков происходит путем откачки вакуумными машинами.



Рис. 2. Виды туалетов, применяемых в местах отдыха туристов:  
а – биотуалет; б – туалет

Подобные сооружения неплохо справлялись в условиях сравнительно небольшой туристической нагрузки, однако при резком увеличении туристического потока (на 150% в 2022 г. по сравнению с 2021 г.) их возможности оказались превышены [1].

В глэмпингах туристам должен предоставляться повышенный уровень комфорта, с обустройством ванных комнат в номере. Учитывая, что туристический объект располагается на охраняемой территории, сток должен отводиться в накопительные септики для сбора и предварительной очистки (рис. 3) с последующей его транспортировкой вакуумными машинами на стационарные очистные сооружения. Недостатком такого способа удаления стока является быстрое наполнение септика и регулярная необходимость его опорожнения.

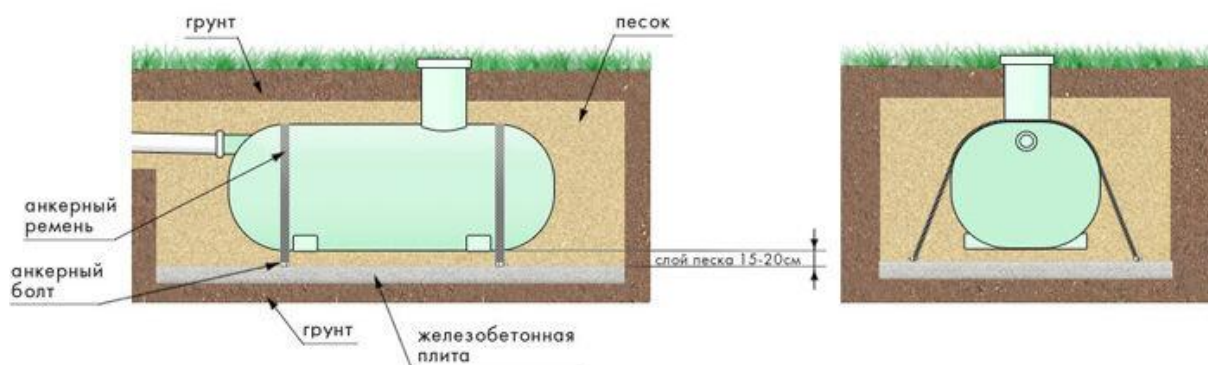


Рис. 3. Схема накопительного септика

В отдельных случаях, по согласованию с контролирующими органами, допускается устройство септиков с дренирующим дном (рис. 4). Использование таких септиков резко уменьшает объем стока, вывозимый на стационарные очистные сооружения, однако повышает экологическую нагрузку на территорию.



Рис. 4. Схема септика с фильтрующим дном

Таким образом, использование вышеописанных технологий сбора сточных вод не позволяет полностью решить проблему экологической защиты территорий и обеспечить комфорт туристам. Поэтому остается важным вопрос о необходимости разработки и реализации проектов кемпингов и глэмпингов с обустроенной инженерной инфраструктурой с учетом требований по охране природы для сохранения экологического равновесия на территориях Камчатского края (рис. 5).



Рис. 5. Пример круглогодичного глэмпинга с обустроенной инженерной инфраструктурой

### Литература

1. URL: <https://www.kamgov.ru/news/ulia-morozova-vse-prognozy-po-rostu-turpotoka-v-2022-godu-polnostu-opravdalis-58333>

УДК (504.5:669.018.674):631.41(571.66-25)"2020"

Н.А. Ильюшенко<sup>1</sup>, Л.А. Позолотина<sup>1,2</sup>, В.Г. Авдощенко<sup>1</sup>, А.В. Климова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683006  
e-mail: annaklimovae@mail.ru

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ В 2020 ГОДУ

Приведены данные по содержанию тяжелых металлов Zn, Cu, Pb, Cd в почвах, высших растениях и бурых водорослях в природных и урбанизированных ландшафтах прибрежных территорий Авачинской губы. Комплексные исследования, соответственно, выполнены в районах, прилегающих к озерам Банному и Культучному, в июле 2020 г. В целом установлено, что во всех исследованных компонентах ландшафта оз. Культучного суммарное содержание тяжелых металлов выше, чем в природном ландшафте оз. Банного. Также здесь выявлено превышение геохимического фона некоторых металлов для почв и травянистого растения *Calamagrostis canadensis*, в измененных ландшафтах оз. Культучного, что обусловлено, главным образом, высокой антропогенной нагрузкой на ландшафт. Полученные сведения об особенностях распределения тяжелых металлов в компонентах исследованных природно-территориальных комплексов позволили выделить для них ряд убывания суммарного содержания элементов: древесные растения > почвы > травянистые растения > бурые водоросли.

**Ключевые слова:** цинк, медь, свинец, кадмий, почвы, высшие растения, бурые водоросли, прибрежные природно-территориальные комплексы, г. Петропавловск-Камчатский.

N.A. Ilyushenko<sup>1</sup>, L.A. Pozolotina<sup>1,2</sup>, V.G. Avdoshchenko<sup>1</sup>, A.V. Klimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>2</sup> Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006;  
e-mail: annaklimovae@mail.ru

## DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SOME COMPONENTS OF THE COASTAL LANDSCAPE OF AVACHA BAY IN 2020

Data on the concentration of heavy metals Zn, Cu, Pb, Cd in soils, higher plants and brown algae in natural and urbanized landscapes of Avacha Bay are presented. Respectively, comprehensive studies were carried out in the coastal areas adjacent to Bannoe and Kultuchnoe lakes in July 2020. In general, it was found that in all components of the landscape of Kultuchnoe lake, the total content of heavy metals is higher than in the natural landscape of Bannoe lake. An excess of the geochemical background of some metals for soils and the herbaceous plant *Calamagrostis canadensis* was also revealed here. This is mainly due to the anthropogenic impact on the landscape of Kultuchnoe lake. The features of the distribution of heavy metals in the components of the studied natural-territorial complexes form the following series of decreasing total content of elements: tree species > soils > herbaceous species > brown algae.

**Key words:** zinc, copper, lead, cadmium, soils, higher plants, brown algae, coastal natural-territorial complexes, Petropavlovsk-Kamchatsky.

Авачинская губа располагается у юго-восточного побережья полуострова Камчатка. Среди других бухт Авачинского залива она выделяется достаточно большими размерами (ее длина составляет 24 км), имеет своеобразную округлую форму с узким выходом в океан и изрезанный рельеф берегов, а средняя глубина составляет 18 м. Исключительные природные характеристики

бухты сделали ее водным объектом с давней историей хозяйственного освоения. К сожалению, антропогенное давление второй половины XX в. по настоящее время приблизили ее состояние к экологически критическому [1, 2]. Основными причинами загрязнения вод бухты являются функционирование предприятий судоремонтной, рыбообрабатывающей промышленности, объектов военно-промышленного комплекса, рыбопромысловых и транспортных судов, а также бытовые стоки г. Петропавловска-Камчатского и г. Вилючинска, сельскохозяйственные и канализационные стоки, сбрасываемые в реку Авача, вдоль берегов которой расположен г. Елизово, и в реку Паратунка, испытывающую хозяйственное влияние поселков Термального, Паратунка и Николаевка [2, 3]. Дополнительно уровень загрязнения бухты усиливает терригенный сток с прибрежных ландшафтов, большая часть которых включена в активное антропогенное использование. Все вышеперечисленное приводит к снижению качества морской воды Авачинской губы, имеющей статус рыбохозяйственного водоема.

Среди загрязняющих Авачинскую бухту веществ особое место занимают тяжелые металлы (ТМ). Оказывая высокое токсическое и кумулятивное действие на биотические компоненты ландшафта, включая прибрежные экотоны, в конечном счете увеличение содержания ТМ напрямую приводит к снижению качества среды обитания человека [4]. Наиболее репрезентативными компонентами ландшафта при исследовании накопления, миграции и влияния ТМ на различные среды являются почва и биота, обладающие наибольшими депонирующими свойствами. Следует отметить, что в последние десятилетия активно проводятся исследования по определению содержания ТМ в различных компонентах естественных и антропогенных ландшафтов Юго-Восточной Камчатки: почвах [5, 6], высших растениях [7, 8] и гидробионтах [9, 10].

Для ландшафтов прибрежных территорий Авачинской бухты необходимо учитывать их вулканическое происхождение. Региональной особенностью Юго-Восточной Камчатки в целом являются наличие узкоспецифичных почвенных зон с повышенным естественным фоном некоторых элементов, в том числе ТМ [5]. Это приводит к проявлению сложных по составу миграционных биогеохимических и гидрогеохимических процессов, изучение которых возможно только при комплексном подходе. В этой связи целью настоящего исследования являлась оценка содержания металлов Zn, Cu, Pb, Cd в почвах, высших растениях и бурых водорослях как наиболее репрезентативных компонентах ландшафтов прибрежных территорий Авачинской губы.

Отбор проб для исследования проводили в двух различных по уровню антропогенного воздействия ландшафтах – у озер Култучного и Банного. Оба района обладают сопоставимыми физико-географическими характеристиками и непосредственно граничат с прибрежной зоной Авачинской губы (рис. 1). Первый район, оз. Култучное, расположен в историческом центре города Петропавловска-Камчатского и в силу своего расположения характеризуется наличием ключевых объектов транспортной инфраструктуры, селитебной и промышленной застройкой (рис. 1, а).

Второй район, оз. Банное, не представляет собой хозяйственной ценности и в настоящее время не испытывает активной антропогенной нагрузки (рис. 1, в). В зависимости от фациальной дифференциации ландшафта и особенностей расположения были выделены следующие части ландшафта для отбора проб (рис. 1, б и г): № 1 и № 5 – трансэлювиальная фация, № 2, № 3 и № 7 – супераккумулятивная фация, № 6 – трансаккумулятивная фация и № 4 и № 8 – прибрежная фация.

В каждом районе на прилегающей к озеру территории отбирали образцы почв и пробы высших растений (*Artemisia vulgaris* var. *kamtschatica*, *Calamagrostis canadensis*, *Betula ermanii*, *Salix udensis*); в литоральной зоне – пробы бурых водорослей *Alaria esculenta*, *Fucus distichus* и *Hedophyllum bongardianum*. Сбор всех материалов для исследования проводили в июле 2020 г. в период активной вегетации растений и водорослей.

Содержание металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) в образцах определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой AES-MP 4200 (Agilent Technologies, США). Подготовку к микроэлементному анализу предварительно высушенных до постоянной массы проб проводили методом мокрого озоления, используя систему кислотного разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия). Для контроля точности определений использовали стандартные образцы с аттестованным значением содержания металлов (ЛБ-1 и ЭК-1, «ИГХ СО РАН»). Вычисление концентраций элементов и пересчет на его абсолютное содержание в образцах осуществляли в программе MP Expert (Agilent Technologies, США). Все значения приведены в миллиграммах на один килограмм сухой массы образца.



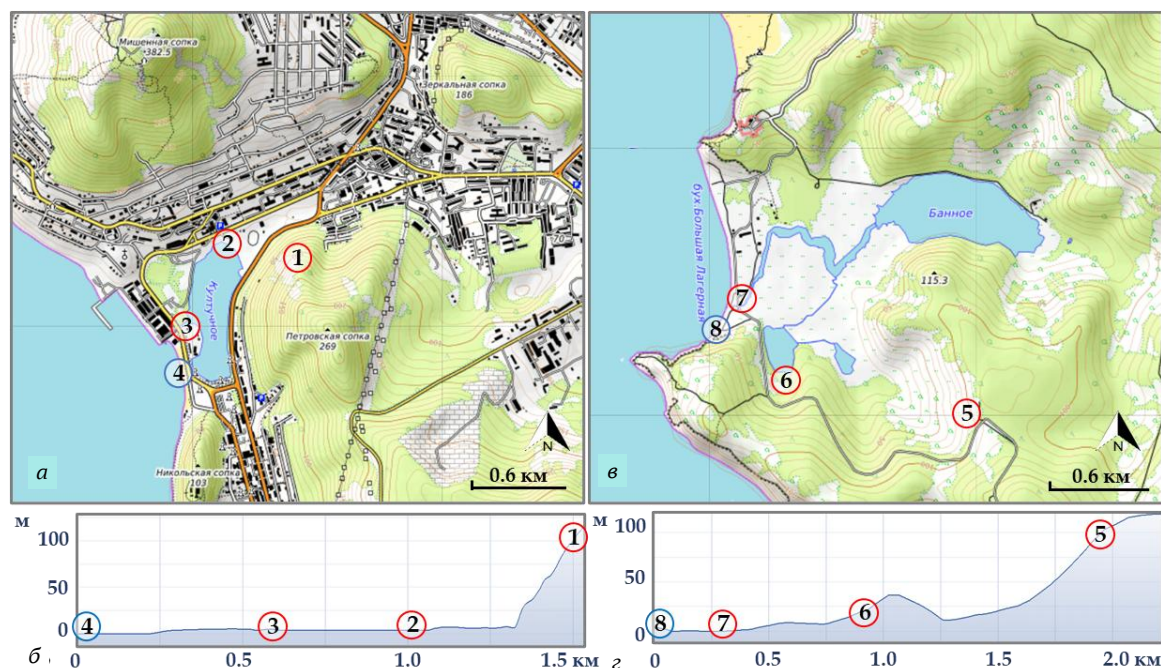


Рис. 1. Карта-схема районов исследования у восточного побережья Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка): а – урбанизированный ландшафт озера Култучного, б – профиль высот в точках отбора проб № 1–4; в – природный ландшафт озера Банного, з – профиль высот в точках отбора проб № 5–8

В целом суммарное валовое содержание Zn, Cu, Pb, Cd во всех проанализированных компонентах ландшафта оз. Култучного было выше, чем в аналогичных компонентах ландшафта оз. Банного (рис. 2). Подобное фактическое распределение металлов в городской среде отражает исключительно преобладание здесь антропогенных источников поступления загрязнителей. Так, в почвах города суммарное содержание ТМ превышало их содержание в неизмененных почвах в 1,9 раза и более. Основной вклад в загрязнение урбанизированных почв вносили Zn и Pb. Следует отметить, что содержание Zn в почвах исследованного урбанизированного ландшафта варьировало в пределах 81,7–157,2 мг/кг, Pb – 19,1–27,6 мг/кг, в то время как в природном ландшафте максимальное содержание Zn достигало 60,6 мг/кг, Pb – 9,5 мг/кг (рис. 2, см. таблица). При этом превышение установленного для Юго-Восточной Камчатки геохимического фона металлов в почвах [5] выявлено только в черте г. Петропавловска-Камчатского в точках № 1 и № 3.

В высших растениях суммарное содержание ТМ в природном ландшафте оз. Банного сопоставимо с выявленными фоновыми значениями для аналогичных видов [7, 8]. Однако для корректной сравнительной оценки накопления ТМ в растительном покрове исследованных ландшафтов следует учитывать, что видами-индикаторами металлического загрязнения для Юго-Восточной Камчатки считаются *A. vulgaris* и *S. udensis* [8]. Для первого из указанных видов превышение суммарного содержания ТМ в урбанизированном ландшафте, по сравнению с природным районом, составило 2,1–2,6 раза, для второго – в 3,1–5,5 раза.

Что касается накопления ТМ бурными водорослями, то их отличительной особенностью является превалирование содержания Pb и Cd в образцах, собранных с прибрежной фации оз. Банного по сравнению с таковыми из урбанизированного ландшафта оз. Култучного (см. табл.). Так, аккумулирующая способность проанализированных видов в точке № 4 в отношении этих металлов не превышала 1 мг/кг, в то время как в природном ландшафте, в точке № 8, максимальное накопление Pb и Cd в макрофитах оценено в 2,8 и 1,6 мг/кг. Однако суммарное содержание ТМ во всех видах водорослей городской среды превышает таковое в удаленном от непосредственного антропогенного воздействия районе более чем в два раза (рис. 2). Вероятно, такое распределение металлов в ламинариевых и фукусовых водорослях в целом связано с преобладанием поступления загрязнителей из морской экосистемы над терригенным стоком. Подобные наблюдения для бурых водорослей Авачинской губы были отмечены нами ранее [9]. В донных отложениях и грунтах загрязняющие вещества могут быть депонированы в значительных количествах, их постепенное высвобождение и вовлечение в биогеохимические миграции приводит к перераспределению загрязнителей среди гидробионтов.

В биотических компонентах (растения и водоросли) исследованных районов основной вклад в суммарное содержание и, следовательно, в загрязнение ландшафта оз. Култучного вносил Zn. Исключение составила супераквальная фацция ландшафта оз. Банного, здесь суммарное содержание ТМ в высших растениях было сопоставимо с урбанизированным ландшафтом. Вероятно, это связано с предыдущим этапам развития ландшафта, когда в приустьевой зоне меньше ста лет назад появились строение и инфраструктура небольшого поселка Большая Океанская, который прекратил свою деятельность в начале 90-х гг. Разрушенная инфраструктура поселка до сих пор может оказывать негативное воздействие на территорию.

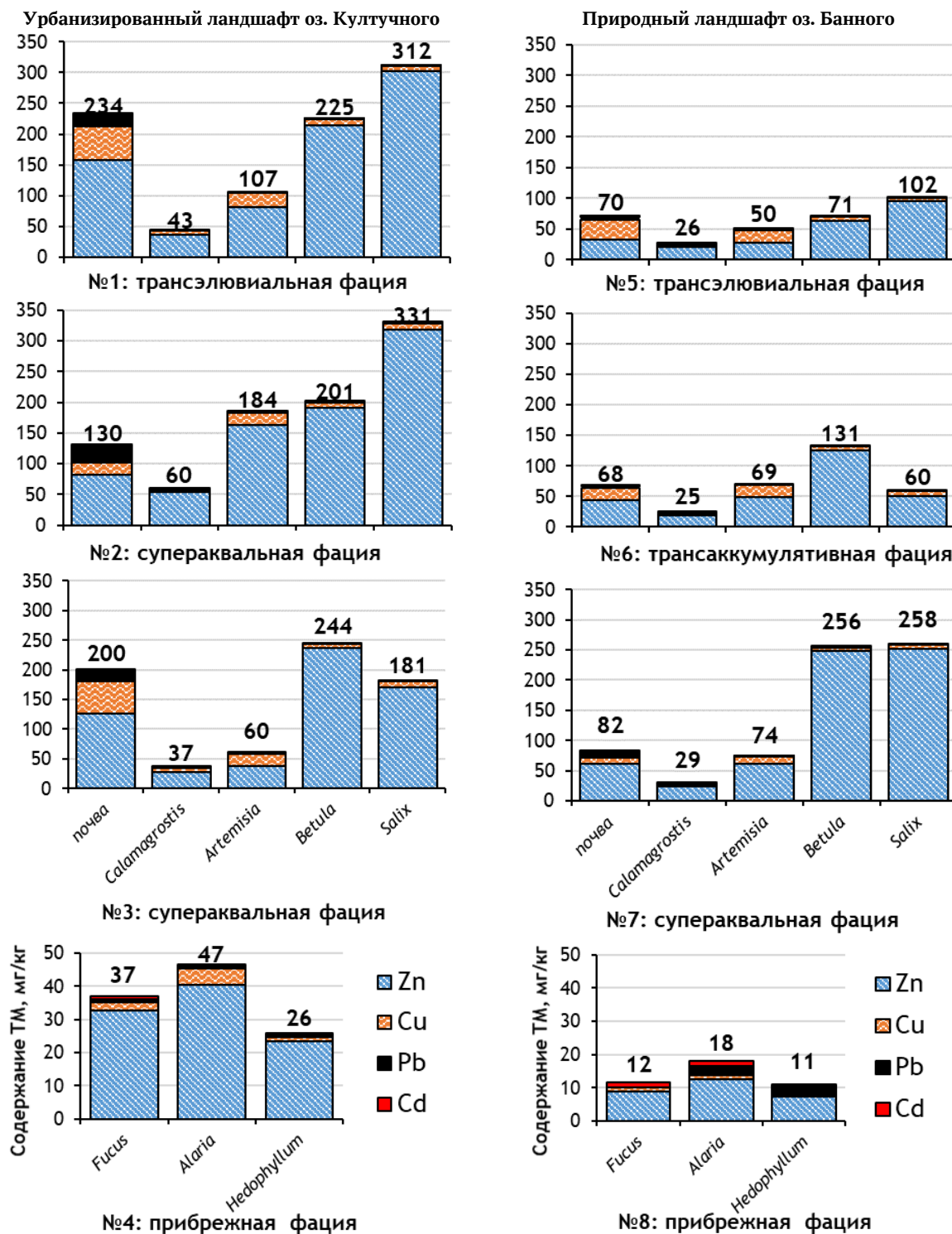


Рис. 2. Суммарное содержание тяжелых металлов в почвах, высших растениях и водорослях исследуемых ландшафтов прибрежных территорий Авачинской губы

Анализ распределения ТМ в компонентах исследованных ландшафтов Авачинской губы в независимости от степени антропогенного воздействия позволяет выделить следующий генеральный ряд убывания суммарного содержания элементов: представители древесного яруса > > почвы > представители травянистого яруса > бурые водоросли (рис. 2, таблица). Следует отметить, что подобная закономерность обусловлена не только сменой видов фаций и сопутствующих изменений абиотических условий функционирования, но и в следствие особенностей накопления Zn, Cu, Pb, Cd биотой, связанными с видоспецифичными физиологическими потребностями организмов. В целом для растительности г. Петропавловска-Камчатского характерной чертой является более высокая аккумулирующая способность древесных растений по отношению к ТМ, чем таковая у травянистых видов [8].

**Особенности распределения тяжелых металлов  
в компонентах исследуемых ландшафтов прибрежных территорий Авачинской губы**

Район исследования		Ряд уменьшения суммарного содержания ТМ в компонентах ландшафта	Компонент с максимальным содержанием Pb, мг/кг	Компонент с максимальным содержанием Cd, мг/кг
1	Урбанизированный ландшафт озера Култучного	Трансэлювиальная фация	Почва (20,5)	<i>Salix</i> (0,2)
2		Супераквальная фация	Почва (27,6)	<i>Salix</i> (0,8)
3		Супераквальная фация	Почва (19,1)	<i>Salix</i> (1,1)
4		Прибрежная фация	<i>Fucus</i> (1,0)	<i>Fucus</i> (1,0)
5	Природный ландшафт озера Банного	Трансэлювиальная фация	Почва (3,7)	Почва (0,8)
6		Трансаккумулятивная фация	Почва (4,0)	Почва (0,6)
7		Супераквальная фация	Почва (9,5)	Почва (0,5)
8		Прибрежная фация	<i>Hedophyllum</i> (2,8)	<i>Alaria</i> (1,6)

Следует отметить, что тренд к увеличению накопления металлов Zn, Cu, Pb, Cd от трансэлювиальных фаций к супераквальным и прибрежным фациям выявлен как в пределах естественного ландшафта оз. Банного (точки № 5–№ 8), так и в пределах урбанизированного ландшафта оз. Култучного (точки № 1 – № 4). Это объясняется гипсометрическими причинами: миграция ТМ с верхних частей рельефа в нижние приводит к увеличению их концентрации в понижениях местности. Рассматриваемые виды фаций в исследуемых ландшафтах отличаются друг от друга расположением, условиями рельефа, водным режимом и питанием, микроклиматическими различиями и уровнем залегания грунтовых вод. Данные характеристики во многом влияют на миграцию Zn, Cu, Pb, Cd, на появление геохимических барьеров и степень их аккумуляции.

Дальнейшие исследования распределения ТМ в ландшафтах Юго-Восточной Камчатки с разным уровнем антропогенного воздействия является весьма перспективным направлением. Поскольку, во-первых, полученные данные позволят оценить вклад наземных экосистем с региональными геохимическими аномалиями в поступление ТМ в прибрежные районы. Во-вторых, более надежно выделять природные и антропогенные источники поступления ТМ в урбанизированные ландшафты Камчатки.

**Литература**

1. Клочкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 205 с.
2. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2021. – М.: Наука, 2022. – 230 с.
3. Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2021 г. – Петропавловск-Камчатский: Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края, 2022. – 405 с.

4. *Sharma V., Singh P.* Heavy metals pollution and it's effects on environment and human health // International Journal of Recent Scientific Research. – 2015. – Vol. 6, Issue 12. – P. 7752–7755.
5. *Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В.* Районирование и геохимическая характеристика вулканических почв Камчатки // Геохимия. – 2009. – № 5. – С. 490–503.
6. *Авдощенко В.Г., Климова А.В.* Оценка загрязнения почв города Петропавловска-Камчатского, Камчатский край // Вестник КамчатГТУ. – 2022. – № 61. – С. 65–81.
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. *Авдощенко В.Г., Климова А.В.* Оценка загрязнения растительного покрова города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) тяжелыми металлами в 2017–2020 гг. // Вестник КамчатГТУ. – 2021. – № 55. – С. 89–100.
9. *Позолотина Л.А., Климова А.В.* Оценка уровня металлического загрязнения Авачинской губы в 2021 г. по индексу металлического загрязнения (МПИ) // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: Материалы II Всерос. науч. конф., посвящ. 90-летию Камчатского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2022. – С. 142–146.
10. *Рудев П.В., Позолотина Л.А., Климова А.В.* Сезонная динамика накопления тяжелых металлов у *Mytilus trossulus* из бухты Петропавловская (Авачинский залив) // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. – С. 197–202.

УДК (504.5:669.018.674):631.41 "2021-2022"

**В.Р. Мунгалова<sup>1</sup>, М.А. Соколов<sup>1</sup>, В.Г. Авдощенко<sup>1</sup>, А.В. Климова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>2</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683000  
e-mail: annaklimovae@mail.ru

## **ОЦЕНКА СУММАРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА Г. ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО В 2021–2022 гг.**

Приведены данные по содержанию тяжелых металлов Zn, Cu, Pb и Cd в образцах *Artemisia vulgaris*, собранных на территории г. Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2021 и 2022 гг. Накопление Zn растениями отличалось высокой вариабельностью, среднее содержание Cu было сопоставимым с фоновым значением для вида. Содержание Pb и Cd не превышало в 2021 г. 4,2 и 1,7 мг/кг, в 2022 г. – 3,8 и 1,0 мг/кг соответственно. Суммарное загрязнение тяжелыми металлами растительного покрова города за весь период исследований соответствовало слабой степени.

**Ключевые слова:** цинк, медь, свинец, кадмий, металлическое загрязнение, экологический мониторинг, *Artemisia vulgaris*, г. Петропавловск-Камчатский.

**V.R. Mungalova<sup>1</sup>, M.A. Sokolov<sup>1</sup>, V.G. Avdoshchenko<sup>1</sup>, A.V. Klimova<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>2</sup> Kamchatka branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000  
e-mail: annaklimovae@mail.ru

## **ASSESSMENT OF TOTAL HEAVY METAL POLLUTION OF VEGETATION COVER IN PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY IN 2021–2022**

The data on the content of heavy metals Zn, Cu, Pb and Cd in *Artemisia vulgaris* samples collected in Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatsky Krai) in 2021 and 2022 are presented. The accumulation of Zn by plants was characterized by high variability, the average content of Cu corresponded to the background value for the species. The content of Pb and Cd did not exceed 4,2 and 1,7 mg/kg in 2021, and 3,8 and 1,0 mg/kg in 2022, respectively. The total heavy metals pollution of the vegetation cover of the city for the entire period of research corresponded to a weak degree.

**Key words:** zinc, copper, lead, cadmium, metal pollution, ecological monitoring, *Artemisia vulgaris*, Petropavlovsk-Kamchatsky.

Петропавловск-Камчатский является административным центром Камчатского края и имеет статус международного морского и воздушного порта [1]. Город расположен вдоль северо-восточного побережья Авачинской губы и характеризуется сложным рельефом. Такая особенность во многом определяет размещение жилой застройки, расположение ключевых социальных и производственных объектов, а также транспортной инфраструктуры города. Здесь на 1 января 2022 г. численность населения составила 181 тыс. человек, что составляет 58% от всего населения региона [2]. В краевом центре расположено более 60% промышленных предприятий. В целом в Камчатском крае зарегистрировано более 228 490 тыс. автотранспортных средств, большая часть которых приходится на г. Петропавловск-Камчатский, что соответствует самым высоким показателям количества легковых автомобилей на 1 000 человек среди всех регионов Дальневосточного федерального округа [3]. Все это, безусловно, приводит к высокой антропогенной нагрузке на городскую среду и прилегающие природные комплексы.

По климатическим условиям полуостров Камчатка относится к зоне повышенного потенциала загрязнения атмосферы из-за приземных и приподнятых инверсий, застойных явлений, слабых скоростей ветра и частых туманов [1]. Еще одной особенностью края, включая территорию г. Петропавловска-Камчатского, является повышенное фоновое содержание некоторых тяжелых металлов (ТМ) в почвах и приповерхностных вулканических пеплах [4, 5]. Все перечисленное выше определяет актуальность проведения экологического мониторинга загрязнения территорий города ТМ. Часто для оценки загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий ТМ часто используют метод биомониторинга с использованием высших растений [6]. В Камчатском крае индикатором металлического загрязнения является полынь камчатская *Artemisia vulgaris* [7].

Целью настоящего исследования являлась оценка уровня металлического загрязнения растительного покрова г. Петропавловска-Камчатского в 2021–2022 гг. на основе анализа содержания Zn, Cu, Pb, Cd в листьях вида-индикатора *A. vulgaris* var. *kamtschatica*.

Исследования проводили в г. Петропавловске-Камчатском (Камчатский край) в летний период 2021–2022 гг. (рис. 1). Для сравнения уровня загрязнения городской среды ТМ использовали растения, собранные за пределами селитебной и промышленной застройки. Выполненная работа является продолжением регулярного наблюдения за загрязнением тяжелыми металлами почвенно-растительного покрова города в рамках экологического мониторинга, начатого авторами в 2017 г. Подробное описание используемых методов приведено в работе В.Г. Авдощенко и А.В. Климовой [8].



Рис. 1. Карта-схема районов исследования в городе Петропавловске-Камчатском (Камчатский край): маркерами отмечены районы отбора проб *Artemisia vulgaris* в 2017–2022 гг.

Материалом для настоящего исследования послужили образцы полыни камчатской *A. vulgaris*. Для химического анализа использовали только листья растений. Для микроэлементного анализа была взята средняя проба каждого образца.

Содержание металлов Zn, Cu, Pb, Cd в образцах растений определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой AES-MP 4200 (Agilent Technologies, США). Подготовку к микроэлементному анализу предварительно высушенных при 60°C проб проводили методом мокрой минерализации в системе кислотного разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия). Для контроля точности определений использовали стандартные образцы состава листа березы (ЛБ-1, ГСО8923-2007) и элодеи канадской (ЭК-1, ГСО8921-2007) с аттестованными значениями содержания металлов [9]. Все значения содержания металлов в растениях приведены в мг/кг сухой массы.

Для оценки степени загрязнения ТМ растительного покрова городской среды использовали коэффициент концентрации ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) [10]:

$$K_c = C_i / C_{\phi}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – содержание металла в районе исследования и  $C_{\phi}$  – фоновое содержание металла;

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1), \quad (2)$$

где  $K_c$  – коэффициенты концентраций элементов;  $n$  – число определяемых суммируемых элементов с  $K_c > 1$ . Степень загрязнения растительности ТМ определяли по величине  $Z_c$ : слабая – менее 3; средняя – в диапазоне 3–10; сильная – более 10 [11]. Описательную статистику и визуализацию результатов выполняли в Microsoft Office Excel 2019.

Проведенное исследование выявило, что среднее содержание каждого из проанализированных металлов в образцах полыни в 2021 г. было выше, чем в 2022 г. (рис. 2). При этом статистически значимые различия выявлены только в накоплении Pb и Cd. Средние значения этих металлов в 2021 г. составили 2,7 и 0,6 мг/кг, в 2022 г. – 1,5 и 0,6 мг/кг соответственно. В 2021 г. превышение фоновых концентраций Zn, Cu и Pb в образцах полыни городской среды было выявлено практически во всех районах исследования, за исключением мест, расположенных в историческом центре города близ оз. Култучного. Однако именно здесь было зарегистрировано максимальное содержание Cd – 1,7 мг/кг. В 2022 г. случаи превышения фоновых концентраций встречались реже. Так, превышение Cu в растениях определено на территориях «Стройгородок» и «Городской фонтан», превышение Pb – только на участке «ул. Автомобилистов». Наибольшее содержание Cd выявлено в районе «Стройгородок» – 1,0 мг/кг.

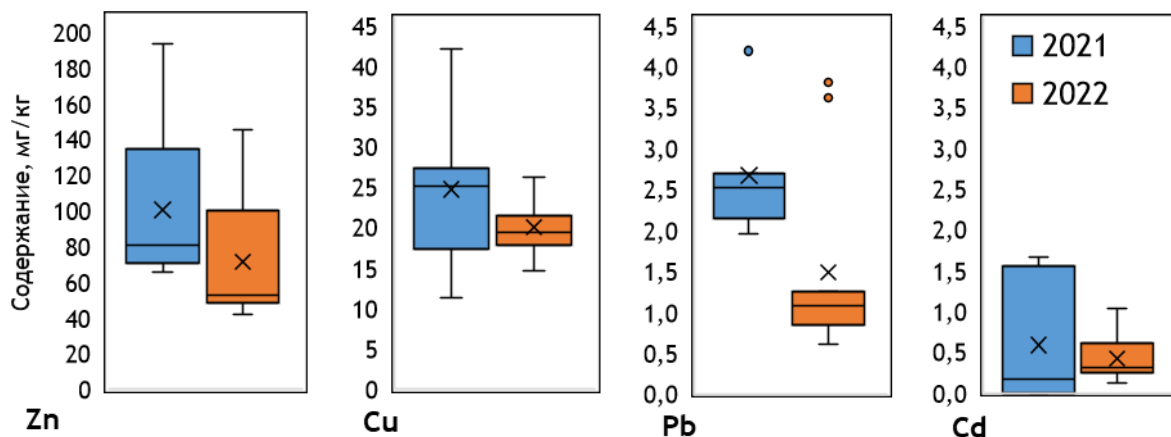


Рис. 2. Содержание Zn, Cu, Pb и Cd в образцах *Artemisia vulgaris*, собранных на территории г. Петропавловска-Камчатского в 2021 и 2022 гг.

В 2021–2022 гг. содержание всех ТМ в растительных образцах варьировало в широких диапазонах (рис. 2, таблица). Это обусловлено, главным образом, разной степенью антропогенного воздействия на исследованные участки города. В целом с 2020 г. наблюдается снижение среднего содержания металлов в растениях. Известно, что суммарное содержание Zn, Cu, Pb и Cd в листьях *A. vulgaris* на фоновых территориях Юго-Восточной Камчатки изменяется в диапазоне 79,2–117,4 мг/кг [8]. В 2021–2022 г. превышение этого показателя выявлено в районе «Стадион «Спартак»» и сопредельных участках, здесь оно достигало 238,1 мг/кг. Основной вклад в суммарное содержание металлов в растительных образцах вносил Zn (таблица). Следует отметить, что в городской среде у исследованного вида *A. vulgaris* проявляется антагонизм в накоплении эссенциального элемента Zn и токсичных металлов Pb и Cd

На основе данных по содержанию Zn, Cu, Pb и Cd в листьях *A. vulgaris* степень суммарного загрязнения ТМ растительного покрова г. Петропавловска-Камчатского в 2021 г. и 2022 г. в целом оценена как слабая (рис. 3, а). Однако в некоторых участках города было выявлена средняя степень загрязнения ( $Z_c = 3,2$ – $3,9$ ): в 2021 г. – район «Стадион «Спартак»», в 2022 г. – участки «ул. Автомобилистов» и «городской парк «Электрон»». Межгодовая динамика загрязнения ТМ

растительного покрова города за 6-летний период имеет тенденцию к снижению, умеренная степень загрязнения была зарегистрирована только в 2017–2018 гг. Следует учитывать, что на полученные результаты могло повлиять несоответствие расположения мест отбора образцов растений в период 2017–2020, 2021 и 2022 гг. Тем не менее все районы исследований располагались в непосредственной близости от основных транспортных магистралей города (рис. 1).

Уровни содержания тяжелых металлов в листьях *Artemisia vulgaris* в районах исследований г. Петропавловске-Камчатском в 2017–2022 гг.

Год*	Уровень содержания металла**, мг/кг			
	Zn	Cu	Pb	Cd
2017	38,5–114,2 / 69,4	18,5–22,0 / 21,1	2,3–3,0 / 2,6	0,3–1,7 / 1,0
2018	55,5–111,0 / 75,6	15,6–36,6 / 23,4	2,4–3,7 / 3,1	0,5–2,1 / 1,4
2020	32,3–175,8 / 152,2	16,6–27,8 / 21,0	0,8–1,6 / 1,1	0,2–0,9 / 0,5
2021	65,9–193,3 / 100,6	11,4–42,2 / 24,7	2,0–4,2 / 2,7	0,0–1,7 / 0,6
2022	41,6–145,8 / 71,6	14,6–26,2 / 20,1	0,6–3,8 / 1,5	0,1–1,0 / 0,6

\* Содержание металлов в растениях за период 2017–2020 гг. приведены по данным опубликованных источников [8, 12]

\*\* Показатель включает диапазон от минимального к максимальному и средние значения

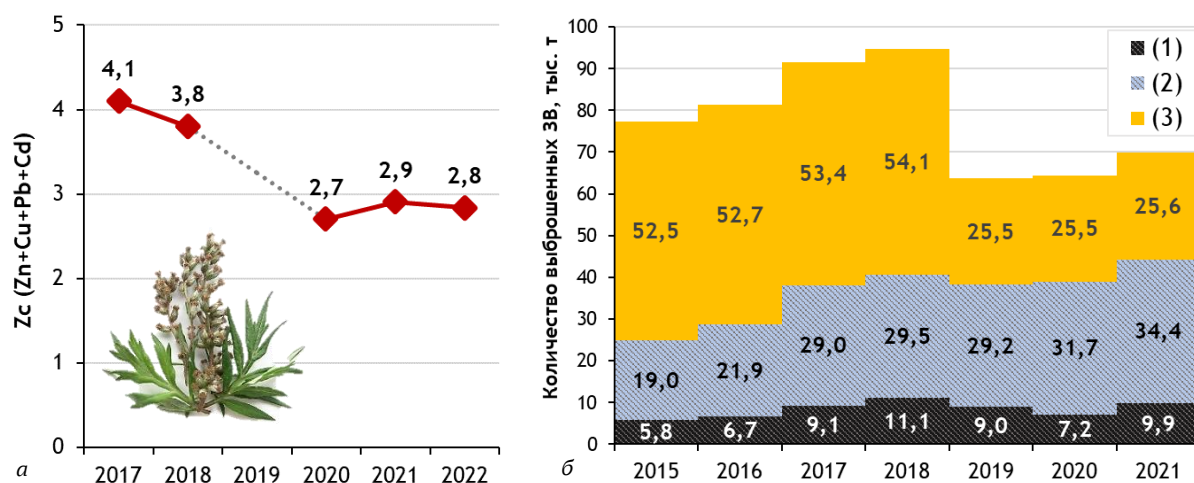


Рис. 3. Динамика суммарного загрязнения ( $Z_c$ ) тяжелыми металлами растительного покрова территорий г. Петропавловска-Камчатского за период 2017–2022 гг. (а); динамика выбросов загрязняющих веществ (тыс. т/год) в атмосферный воздух Камчатского края за период 2015–2021 гг. (б): твердые (1), жидкие и газообразные ЗВ (2) от стационарных источников и автотранспорта (3)

Причины резкого снижения уровня загрязнения растительного покрова города, безусловно, связаны, в первую очередь, с изменением уровня загрязнения атмосферного воздуха. Основной вклад в загрязнение атмосферы Камчатского края и в частности г. Петропавловска-Камчатского вносят стационарные источники (главным образом, предприятия теплоэнергетического комплекса) и автотранспорт [1] (рис. 3, б). Суммарно в 2021 г. в атмосферный воздух края от 3 979 зарегистрированных стационарных источников выброшено 44 246 тонн загрязняющих веществ (из которых на столицу приходится 29,2%), при этом уловлено и обезврежено только 8,4% всех загрязнителей [3]. Следует отметить, что с 2017 г. общий объем выбросов в атмосферу края от предприятий, несмотря на положительную динамику, в целом изменялся незначительно.

В то же время динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от автотранспорта и степень загрязнения растительного покрова за период 2017–2021 гг. имеют схожую тенденцию (рис. 3). Снижение уровня загрязнения с 2019 г. связано с общим снижением пассажирооборота транспорта общего пользования и перевозок грузов в целом [3]. Вероятно, выявленная чувствительность *A. vulgaris* как вида-индикатора обусловлена преобладанием фоллиарного поступления ТМ в растения. Следует отметить, что автотранспорт как категория источников загрязнения атмосферного воздуха характеризуется более постоянной в течение года интенсивностью воздействия на окружающую среду, в отличие от котельных и тепловых станций, пик работы которых приходится на холодное время года.



### Литература

1. Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2021 г. – Петропавловск-Камчатский: Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края, 2022. – 405 с.
2. Распределение численности населения Петропавловск-Камчатского городского округа по полу и возрасту на 1 января 2022 года (Официальная статистика. Демография. Основные показатели) [Электронный ресурс] // Камчатстат. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Камчатскому краю. – URL: <https://kamstat.gks.ru/population> (дата обращения: 21.02.2023).
3. Камчатский статистический ежегодник. 2022: Статистический сборник / Камчатстат. – Петропавловск-Камчатский: Камчатстат, 2022. – 280 с.
4. Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В. Районирование и геохимическая характеристика вулканических почв Камчатки // Геохимия. – 2009. – № 5. – С. 490–503.
5. 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.
6. Stankovic S., Kalaba P., Stankovic A.R. Biota as toxic metal indicators // Environmental Chemistry Letters. – 2014. – Vol. 12. – P. 63–84.
7. Авдощенко В.Г., Климова А.В. Накопление тяжелых металлов вегетативными органами полыни (*Artemisia vulgaris kamchatika*) в условиях городской среды Петропавловска-Камчатского // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XXI междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2020. – С. 157–160.
8. Авдощенко В.Г., Климова А.В. Оценка загрязнения растительного покрова города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) тяжелыми металлами в 2017–2020 гг. // Вестник КамчатГТУ. – 2021. – № 55. – С. 89–100.
9. Характерные свойства стандартных образцов кластера "растения" в коллекции ИГХ СО РАН / Е.В. Шабанова, И.Е. Васильева, Д.С. Таусенев, S. Scherbarth, U. Pierau // Эталоны. Стандартные образцы. – 2021. – № 3. – С. 45–61.
10. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, Р.С. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
11. Методы исследования городских почв / Р.Ф. Байбеков, В.И. Савич, М.М. Овчаренко, И.М. Габбасова, Р.Ш. Афзалов. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 202 с.
12. Авдощенко В.Г., Климова А.В. 2020. Содержание тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в растениях города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2017–2018 гг. // Вестник КамчатГТУ. – 2020. – № 54. – С. 48–64.

УДК 556.3.04:628.1.032

**Б.А. Опрышко<sup>1,2</sup>, В.А. Швецов<sup>2</sup>, А.С. Чернышев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009;

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru

## **О РЕЗУЛЬТАТАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЕЛИЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Охрана подземных вод осуществляется путем защиты подземных водных объектов от истощения их запасов и загрязнения подземных вод. С целью наблюдения за состоянием подземных вод эксплуатационные и наблюдательные скважины должны оборудоваться устройствами для измерения уровня, температуры и электропроводимости подземных вод. В результате выполненных исследований была разработана локальная автоматизированная наблюдательная сеть водозабора «Авачинский» с использованием современного измерительного оборудования, обеспечивающая высокие технико-экономические показатели мониторинга водозабора «Авачинский».

**Ключевые слова:** цифровизация мониторинга подземных вод, автоматизированные системы контроля, водозабор «Авачинский», наблюдательная скважина.

**B.A. Opryshko<sup>1,2</sup>, V.A. Shvetsov<sup>2</sup>, A.S. Chernyshev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka Vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009;

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru

## **ON THE RESULTS OF DIGITALIZATION OF MONITORING OF THE YELIZOVSKY FIELD OF DRINKING GROUNDWATER**

Groundwater protection is implemented by protecting underground water objects from depletion of their resources and pollution of groundwater. The operational and observational wells should be equipped with devices for measuring the level, temperature and electrical conductivity of groundwater for the purpose of observation monitoring the state of groundwater. As a result of research a local automated observation network of the "Avachinsky" water intake was developed with using modern measuring equipment provided high technical and economic indicators for monitoring the "Avachinsky" water intake.

**Key words:** digitalization of groundwater monitoring, automated control systems, "Avachinsky" water intake, observation well.

К внутренним вызовам экологической безопасности относятся деградация экосистем малых рек, техногенное загрязнение подземных вод в районах размещения крупных промышленных предприятий [1].

Охрана подземных водных объектов осуществляется путем защиты подземных водных объектов от истощения их запасов и включает наблюдение за химическим состоянием и уровнем режимом подземных вод [2]. С целью наблюдения за состоянием подземных вод на водозаборах подземных вод эксплуатационные и наблюдательные скважины должны быть оборудованы устройствами для измерения уровней подземных вод [2].

Авачинский водозабор Елизовского МППВ территориально расположен на северной окраине г. Елизова, в 34 км от краевого центра г. Петропавловска-Камчатского, в пойме нижней части долины р. Авачи. Авачинский инфильтрационный водозабор является основным

источником централизованного водоснабжения Петропавловск-Камчатского городского округа и Елизовской агломерации.

Режимные наблюдения на водозаборе «Авачинский» Елизовского МППВ до 2019 г. выполнялись гидрогеологом в ручном режиме один раз в неделю с использованием электроуровнемера. Продолжительность выполнения измерений составляла более пяти часов в день. При этом наблюдения на скважинах №№ 70 и 72, расположенных на острове, не проводились из-за невозможности доступа. Наблюдательные скважины №№ 9а; 28; 53; 65; 66 в период декабрь – апрель эпизодически замерзали, мониторинг на них не проводился.

Творческий коллектив (научно-образовательный центр) в составе сотрудников «КамчатГТУ» и КГУП «Камчатский водоканал» в 2015 г. приступил к научным исследованиям, направленным на разработку и внедрение систем цифрового мониторинга Елизовского месторождения питьевых подземных вод. В результате выполненных исследований [3–9] была разработана автоматизированная наблюдательная сеть водозабора «Авачинский». Схема этой сети приведена на рис. 1.



Рис. 1. Автоматизированная система контроля режима подземных и поверхностных вод водозабора «Авачинский»

В данной сети используется следующее современное оборудование [10]:

1. Регистрирующее устройство Levelogger Edge, измеряющее уровень и температуру подземных и поверхностных вод.
2. Регистрирующее устройство Barologger Edge, измеряющее атмосферное давление и температуру воздуха.
3. Регистрирующее устройство LTC Levelogger Edge для измерения уровня, температуры и электропроводности воды.
4. Телеметрическая передающая станция LevelSender 9500.
5. Bluetooth станция Levelogger App Interface.

Внешний вид этих устройств представлен на рис. 2–5.

Автоматизированная система контроля (АСК) режима подземных и поверхностных вод водозабора «Авачинский» вводилась в эксплуатацию в период с 2015 по 2021 гг. Эксплуатация автоматизированной системы за период 2019–2022 гг. подтвердила ее высокую эффективность по следующим технико-экономическим показателям:

- улучшены условия труда горного инженера-гидрогеолога,
- повышена достоверность результатов контроля подземных вод,
- повышена эффективность мероприятий по защите месторождений ППВ от истощения и загрязнения.



Рис. 2. Автоматизированные устройства для контроля температуры, уровня и электропроводности подземных вод



Рис. 3. Bluetooth станция Levellogger App Interfaces подключенным прибором levellogger



Рис. 4. Телеметрическая передающая станция LevelSender 9500



Рис. 5. Наблюдательная скважина № 49, оснащенная приборами levellogger и barologger с телеметрической передающей станцией LevelSender 9500

Эксплуатация автоматизированной системы подтвердила ее высокую информативность и надежность.

В результате разработки и внедрения АСК режима подземных и поверхностных вод установлено:

1. АСК является неременным условием повышения технико-экономической эффективности водозаборов подземных питьевых вод.
2. Внедрение АСК необходимо осуществить на всех водозаборах Камчатского края.
3. Необходимо приступить к работам, направленным на импортозамещение приборов контроля режима подземных вод.

### Литература

1. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Утв. указом Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 176.
2. Правила охраны подземных водных объектов. Утв. пост. Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2016 г. № 94 (в ред. постановления Правительства РФ от 25.12.2019 № 1829).
3. Оголовок наблюдательной скважины: Патент 209735 Рос. Федерация, МПК E21B 33/04 / (2006.01) / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, В.П. Помазкин, А.П. Лях, А. Белавина*; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Камчат. гос. техн. ун-т». – Заявка № 2021123852; заявл. 09.08.2021. – Оpubл. 22.03.2022, Бюл. № 9.
4. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белова Е.П.* Совершенствование метода контроля уровня подземных вод в эксплуатационных скважинах Камчатского края // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2019. – № 11.
5. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Унифицированный оголовок для наблюдательных скважин месторождений питьевых подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2022. – № 9.
6. *Опрышко Б.А., Головин А.В., Шумилова А.Л.* Развитие системы мониторинга на месторождениях питьевых подземных вод Камчатского края // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2018 г.) / Отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 134 – 137
7. О проблеме истощения источников подземных питьевых вод в Камчатском крае / *Б.А. Опрышко, Ю.Н. Фиронов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, М.П. Гузь* // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2018 г.) / Отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 137–141.
8. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Влияние природных факторов на состояние водозабора «Авачинский» Елизовского месторождения питьевых подземных вод» // Материалы XI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (24–25 марта 2020 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020.
9. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* О совершенствовании контроля режима подземных вод в пределах II пояса зоны санитарной охраны водозабора «Авачинский» // Материалы XII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (28–29 апреля 2021 г.) – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021.
10. Регистраторы уровня и телеметрия [Электронный ресурс] / ООО «ЛНК». – Пермь, 2023. – URL: <https://loggers.ru/products/registratory-urovnya-i-telemetriya/> (дата обращения: 10.02.2023).

УДК 626.811

**Б.А. Опрышко<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>2</sup>, А.С. Чернышев<sup>1</sup>, И.Н. Чебыкин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009;

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;

<sup>3</sup> ООО «Недра»,  
Елизово, 684000  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru

## **К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЗНАПОРНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН**

Охрана подземных водных объектов осуществляется путем проведения мероприятий по предупреждению истощения их запасов и включает в себя наблюдение за уровнем режимом подземных вод. Поисковые эксперименты, выполненные на скважине № Г-1 Паратунского месторождения геотермальных вод, показали, что для измерений уровня воды в эксплуатационных геотермальных скважинах целесообразно использовать автоматизированные системы контроля, оснащенные акустическими приборами Well Watch 670. Акустические измерительные приборы могут предотвратить повреждения дорогостоящих погружных электронасосов и обеспечить защиту геотермальных месторождений от преждевременного истощения.

**Ключевые слова:** безнапорные геотермальные скважины, Паратунское месторождение теплоэнергетических вод, акустический уровнемер, погружные электронасосы.

**B.A. Opryshko<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>2</sup>, A.S. Chernyshev<sup>1</sup>, I.N. Chebykin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka Vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009;

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

<sup>3</sup> Nedra, LLC  
Yelizovo, 684000  
e-mail: BAOpryshko@pkvoda.ru

## **ON THE ISSUE OF OPERATION OF NON-PRESSURE GEOTHERMAL WELLS**

Protection of underground water bodies is carried out through measures to prevent depletion of their reserves and includes monitoring of the level regime of groundwater. Exploratory experiments performed at well No. G-1 of the Paratunka geothermal water field have shown that it is advisable to use automated monitoring systems equipped with Well Watch 670 acoustic instruments to measure the water level in operational geothermal wells. Acoustic measuring instruments can prevent damage to expensive submersible electric pumps and protect geothermal deposits from premature depletion.

**Key words:** unpressurized geothermal wells, Paratunka thermal power water deposit, acoustic level gauge, submersible electric pumps.

Природные лечебные ресурсы являются национальным достоянием народов Российской Федерации, предназначены для лечения и отдыха населения и относятся к особо охраняемым объектам и территориям, имеющим свои особенности в использовании и защите [1].

Основными требованиями по рациональному использованию геотермальных подземных вод является охрана месторождений от факторов, снижающих качество и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку [2].

Технология добычи геотермальных вод должна гарантировать защиту месторождений от преждевременного истощения и загрязнения и защиту полезных ископаемых от утраты лечебных свойств [1].

Охрана подземных водных объектов осуществляется путем проведения мероприятий по предупреждению загрязнения, истощения их запасов и включает в себя наблюдение за химическим состоянием и уровнем режимом подземных вод [3].

На территории Камчатского края образованы Паратунская и Малкинская курортные зоны общей площадью 43 тыс. га. В Паратунской рекреационной зоне находятся около пятидесяти баз отдыха с бассейнами. Поручением Президента Российской Федерации сведения о находящихся на территории Камчатского края курортах в пределах Паратунского месторождения геотермальных вод введены в программно-информационный комплекс «Государственный реестр курортно-фонда Российской Федерации» [4].

Паратунское месторождение теплоэнергетических вод в Елизовском районе Камчатского края эксплуатируется с 1964 г. Запасы подземных теплоэнергетических вод Паратунского месторождения на 06.11.2020 г. составляют 21620 м<sup>3</sup>/сут (250 л/с) с температурой по участкам от плюс 62 до 82°С при преимущественно крановом режиме эксплуатации (самоизлив). Добываемые термальные воды используются в бальнеологических целях баз отдыха и для теплоснабжения поселков Паратунка и Термального.

На отдельных участках месторождения добыча термальных вод из скважин осуществляется с использованием специальных погружных насосов. При добыче понижения уровня геотермальных вод (динамический уровень) в скважинах достигают 185–200 м.

Эксплуатация скважинных электронасосов возможна при температуре рабочей жидкости свыше 60°С. Однако при воздействии негативных факторов, таких как коррозионная активность воды и условия охлаждения электродвигателя, срок службы электронасоса снижается [5]. Чтобы предотвратить сильный перегрев электродвигателя вплоть до закипания в нем воды, его необходимо эксплуатировать при высоте водяного столба не менее десяти метров над электродвигателем [5].

Контроль динамического уровня воды в геотермальных скважинах осложнен повышенной температурой, агрессивным химическим составом воды и высокими величинами понижений. Электроуровнемеры и погружные датчики-регистраторы в таких условиях работают непродолжительное время, высок риск застревания измерительного устройства и его потери.

Поэтому, основываясь на результатах ранее выполненных исследований [6–9], творческий коллектив в составе сотрудников КамчатГТУ, КГУП «Камчатский водоканал» и ООО «Недра» разработал и внедрил на эксплуатационной геотермальной скважине № Г-1 автоматизированную систему контроля уровня воды. Эта система включает следующее оборудование:

1. Акустический уровнемер Well Watch 670 [10].
2. Удаленный дисплей Модель 310 для уровнемера Well Watch [10].

Технические характеристики этого оборудования приведены в таблице.

**Технические характеристики оборудования автоматизированной системы контроля**

№ п/п	Характеристика	Показатель
1	Диапазон измерения	от 3 до 1 200 метров
2	Память	25 000 000 измерений
3	Интервал записи измерений	от 1 до 60 минут
4	Разрешение	1 см
5	Погрешность	±3 см
6	Рабочая температура/влажность	от –20 до 45 С (без конденсации)
7	Дисплей	2 × 16 символов
8	Габариты	21 × 9 × 9 см
9	Сигнализация минимальных и максимальных уровней	Да
10	Выходные каналы	RS485 (Modbus), 4-20 мА, RS232, 0-5В, USB
	Беспроводная связь (для подключения удаленного дисплея 310)	до 100 метров прямой видимости

Внешний вид оборудования представлен фотоснимками на рис. 1 и 2, схема размещения оборудования приведена на рис. 3.



Рис. 1. Акустический уровнемер Well Watch 670

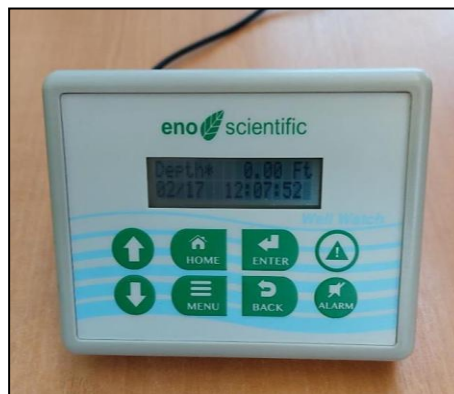


Рис. 2. Удаленный дисплей Модель 310

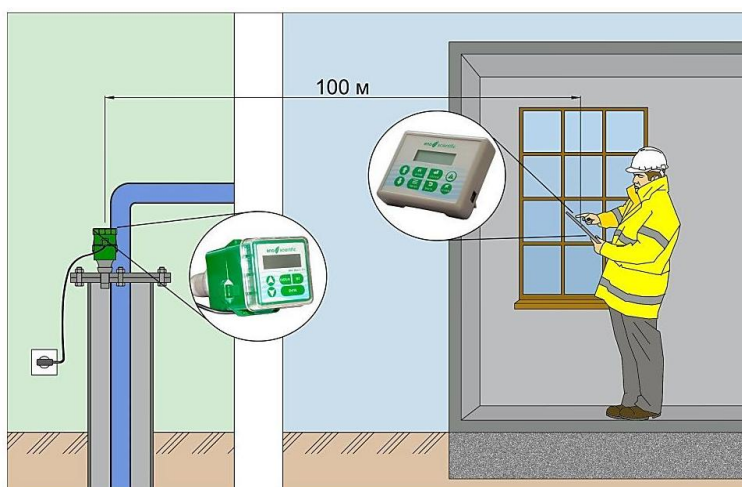


Рис. 3. Схема размещения автоматизированной системы контроля на эксплуатационной скважине

Акустический уровнемер устанавливается в технологическое отверстие оголовка скважины. Для получения наиболее точных результатов измерений в настройках прибора фиксируются необходимые пределы минимальной и максимальной глубины, температура добываемой воды и диаметр скважины. После перевода прибора из настроек в режим измерений результаты отображаются в течение нескольких секунд. Акустический прибор можно настроить и управлять им дистанционно, с использованием удаленного дисплея оператора.

Результаты измерений динамического уровня воды в эксплуатационной геотермальной скважине № Г-1 представлены графиком на рис. 4.

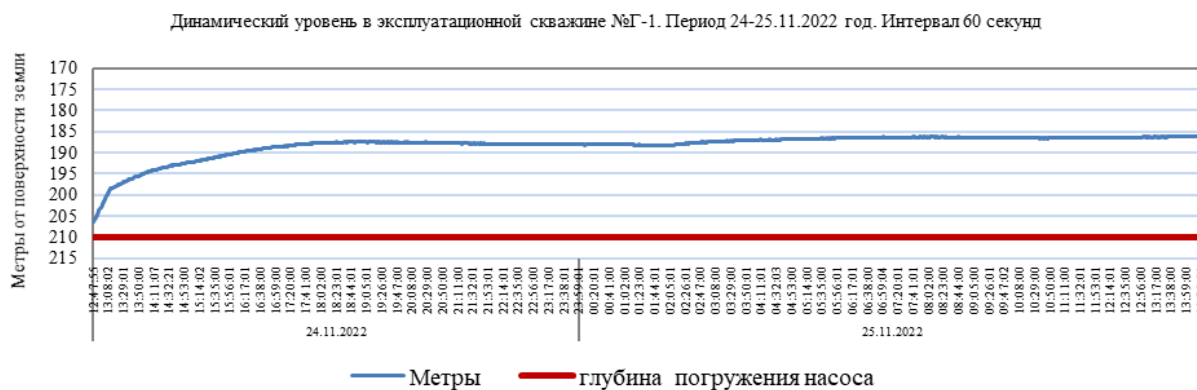


Рис. 4. Результаты измерений динамического уровня воды в эксплуатационной геотермальной скважине № Г-1, выполненных акустическим прибором Well watch



На графике показано регулирование производительности насоса для достижения безопасной высоты водяного столба над электродвигателем.

Поисковые эксперименты, выполненные на скважине № Г-1 Паратунского месторождения геотермальных вод в октябре – ноябре 2022 г., показали что для измерений уровня воды в эксплуатационных геотермальных скважинах целесообразно использовать автоматизированные системы контроля, оснащенные акустическими приборами Well Watch 670. Акустические измерительные приборы могут предотвратить повреждения дорогостоящих погружных электронасосов и обеспечить защиту геотермальных месторождений от преждевременного истощения.

Выполненные поисковые эксперименты на безнапорной геотермальной скважине Паратунского месторождения показали целесообразность внедрения автоматизированной системы контроля с использованием акустических измерительных устройств.

Необходимо увеличить объем научных исследований в области контроля и эксплуатации безнапорных геотермальных скважин для обеспечения широкого внедрения автоматизированных систем контроля на всех скважинах месторождений геотермальных вод Камчатского края.

### Литература

1. О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах: Федеральный закон № 26 в ред. Федерального закона от 28.12.2013 № 406-ФЗ. – 1995. – 11 с.
2. О недрах (в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года № 27-ФЗ) (с изменениями на 27 декабря 2019 года) (редакция, действующая с 3 февраля 2020 года): Закон Российской Федерации.
3. Об утверждении правил охраны подземных водных объектов: Постановление Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2016 г. № 94. (в ред. Постановления Правительства РФ от 25.12.2019 № 1829).
4. URL: <https://kamgov.ru/health>: (дата обращения: 17.02.2023).
5. Техническое пособие. Скважинные насосы [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.pump-selection.ru/files/FilesGrundfos/books/6SP\\_1205.pdf](http://www.pump-selection.ru/files/FilesGrundfos/books/6SP_1205.pdf). (дата обращения: 20.02.2023)
6. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белова Е.П.* Совершенствование метода контроля уровня подземных вод в эксплуатационных скважинах Камчатского края // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2019. – № 11.
7. *Белавина О.А., Швецов В.А., Опрышко Б.А.* Исследование метрологических характеристик результатов измерений динамического и статического уровней подземных вод в эксплуатационной скважине // Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами: Материалы Десятой междунар. науч.-практ. конф. (18–19 мая 2021 г.) / Отв. за вып. А.О. Шуликов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021. – С. 121–124.
8. Оголовок наблюдательной скважины: Патент 209735 Рос. Федерация, МПК E21B 33/04 / (2006.01) / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, В.П. Помазкин, А.П. Лях, О.А. Белавина*; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Камчат. гос. техн. ун-т». – Заявка № 2021123852; заявл. 09.08.2021. – Опубл. 22.03.2022, Бюл. № 9.
9. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Унифицированный оголовок для наблюдательных скважин месторождений питьевых подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2022. – № 9.
10. Уровнемеры скважинные, бесконтактные [Электронный ресурс] / ООО «ЛНК». – Пермь, 2023. – URL: <https://loggers.ru/products/urovнемery-skvazhinnye-beskontaktnye/> (дата обращения: 20.02.2023).

УДК 574.633+594.124

**П.В. Рудев, А.В. Климова**

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

## **МИДИЯ ТИХООКЕАНСКАЯ КАК БИОМАРКЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ И КАДМИЕМ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ**

Приведены данные по содержанию тяжелых металлов в пробах мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus*, собранных в литоральной зоне Авачинской губы в 2021 и 2022 гг. Проанализированные двустворчатые моллюски согласно санитарно-гигиеническим требованиям РФ являются безопасными по накоплению Pb и Cd. За период наблюдений выявлено незначительное увеличение усредненного содержания Pb в образцах мидии до 6,6 мг/кг и снижения Cd до 2,3 мг/кг в 2022 г. В закрытых бухтах Авачинской губы уровень аккумуляции Pb в моллюсках выше, чем у более открытых районов с активным водообменом.

**Ключевые слова:** *Mytilus trossulus*, биомаркер, экологический мониторинг, антропогенное загрязнение, тяжелые металлы, свинец, кадмий, Авачинская губа.

**P.V. Rudev, A.V. Klimova**

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

## **PACIFIC MUSSELS AS A BIOMARKER OF LEAD AND CADMIUM POLLUTION IN COASTAL AREAS OF AVACHA BAY**

Data on the content of heavy metals in samples of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* collected in the littoral zone of Avacha Bay in 2021 and 2022 were presented. The analyzed bivalve mollusks, according to the sanitary and hygienic requirements of the Russian Federation, are food safe for the accumulation of Pb and Cd. During the observation period, a slight increase in the average Pb content in mussel samples to 6.6 mg/kg and a decrease in Cd to 2.3 mg/kg in 2022 were revealed. In the closed bays of Avacha Bay, the level of Pb accumulation in mollusks is higher than in more open areas with active water exchange.

**Key words:** *Mytilus trossulus*, biomarker, environmental monitoring, anthropogenic pollution, heavy metals, lead, cadmium, Avacha Bay.

Для оценки негативного воздействия на акватории и получения информации о концентрациях загрязнителя в окружающей среде часто в качестве видов-мониторов используют морские организмы [1]. Метод биомониторинга применяется как альтернатива определения загрязнителей в воде и донных отложениях. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными аналитическими методами, для которых отбор проб требует специального оборудования. Кроме того, виды-биомониторы могут отражать доступную для живых организмов долю загрязнителей в среде и учитывать их временную изменчивость, обеспечивая, таким образом, более точную оценку загрязнения [2].

Определение металлического загрязнения прибрежных районов часто проводят с помощью двустворчатых моллюсков [3, 4]. Уровни содержания тяжелых металлов (ТМ) в этих объектах используются для контроля поступления загрязняющих веществ в акваторию и оценки последствий их влияния на биоту. Моллюски-фильтраторы также играют важную роль в накоплении и перераспределении поллютантов в пищевых цепях, которые в конечном счете могут угрожать здоровью человека.

Известно, что основными источниками поступления ТМ в прибрежные акватории являются: речной сток; апвеллинг; сточные воды промышленных предприятий и селитебных массивов;

поверхностный сток с урбанизированных территорий и полигонов твердых бытовых отходов; коррозия объектов портовой инфраструктуры и корпусов судов и осаждение из атмосферы [5]. У побережья Камчатки наиболее длительному антропогенному воздействию подвергается акватория Авачинской губы. Вдоль ее береговой линии простирается зона жилой застройки и производственных предприятий, оказывающая негативное влияние на обитающих здесь гидробионтов. Трансформация флоры и фауны Авачинской губы достаточно хорошо изучена [6, 7]. В настоящее время среди двустворчатых моллюсков мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*) остается самым массовым видом в прибрежной зоне бухты.

Целью настоящего исследования являлась оценка уровней содержания Pb и Cd в мягких тканях мидии тихоокеанской в Авачинской губе в 2021–2022 гг.

Исследования проводили в Авачинской губе (Авачинский залив) в 2021–2022 гг. (рис. 1). Следует отметить, что интенсивность антропогенного воздействия на разные районы бухты неравномерна. Внутренняя, кутовая, часть акватории, особенно северо-восточное побережье, испытывает длительное негативное воздействие хозяйственной деятельности человека в силу расположения здесь краевого центра – г. Петропавловска-Камчатского. Кроме того, часть береговой линии в этих районах в значительной степени преобразована из-за размещения портовой и транспортной инфраструктуры города. Побережье горла бухты, напротив, прямому антропогенному прессу не подвержено или подвержено в минимальной степени. Поэтому, учитывая расположение районов, для сравнения уровней содержания ТМ в моллюсках использовали образцы, собранные из кутовой части и горла бухты. При этом во внутренней части Авачинской губы были выделены станции систематического отбора проб: бух. Сероглазка (№ 1), побережье у соп. Никольской (№ 2), бух. Петропавловская (№ 3), побережье у мыса Санникова (№ 4) и станции нерегулярного отбора у мыса Сигнального, в бухтах Моховой и Раковой (рис. 1, б). В горле бухты, в бухтах Завойко, Большой Лагерной и Шлюпочной, у мысов Вилкова и Маячно-го, разовые пробы моллюсков отбирали в теплое время года (рис. 1, б).

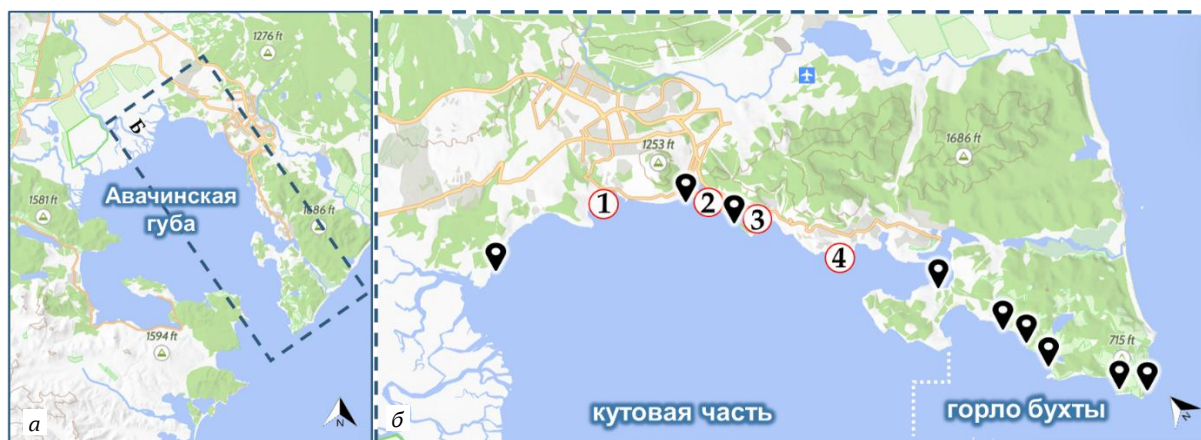


Рис. 1. Карта-схема районов исследования мидии тихоокеанской у Юго-Восточной Камчатки в 2021–2022 гг.: а – Авачинская губа, б – северо-восточное побережье бухты:

№ 1–4 – станции систематического отбора проб, маркерами отмечены места нерегулярного сбора моллюсков

Для настоящего исследования использовали пробы мидии тихоокеанской *M. trossulus*. При камеральной обработке каждую пробу разделяли на размерные группы: до 3 см и более 3 см, которые соответствуют возрастному делению моллюсков на первый год жизни и старше, соответственно [8]. Для микроэлементного анализа использовали только мягкие ткани мидий.

Содержание металлов Pb и Cd в пробах моллюсков определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой AES-MP 4200 (Agilent Technologies, США). Подготовку к микроэлементному анализу предварительно высушенных при 70°C проб проводили методом мокрой минерализации в системе кислотного разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия). Для контроля точности определений использовали стандартные образцы состава мышечной ткани байкальского окуня (БОк-2, ГСО9055-2008) с аттестованными значениями содержания металлов. Все значения содержания металлов в моллюсках приведены в мг/кг сухой массы.

Оценку пищевой безопасности исследованных моллюсков проводили путем сравнения с установленными в РФ нормативными значениями [9]. Поскольку официальные данные предельно допустимых концентраций (ПДК) ТМ в рыбном сырье или пищевых продуктах приводятся на единицу сырой массы, то нормативные значения для Pb и Cd были пересчитаны на сухую массу и составили 10 и 50 мг/кг соответственно [10]. Описательную статистику и визуализацию результатов выполняли в GraphPad Prism 9.5.1.

Полученные результаты по содержанию Pb и Cd в исследованных образцах мидии из Авачинской губы за двухлетний период представлены на рис. 2. Максимальный уровень накопления Pb выявлен в моллюсках из литоральной зоны мыса Санникова как в 2021 г. – 31 мг/кг, так и в 2022 г. – 28 мг/кг. Его средние значения здесь составили 14 и 7,8 мг/кг соответственно (рис. 2, а). Высоким содержанием этого металла (среднее значение не превышало 7,4 мг/кг) за весь период наблюдений также отличались образцы, собранные в бух. Петропавловской. В остальных исследованных районах бухты содержание Pb в моллюсках было сопоставимо, его средние значения не превышали 5,9 мг/кг. Минимальные показатели определены для образцов из горла бухты, здесь они составили 0,1 мг/кг в 2021 г. и 0,7 мг/кг в 2022 г.

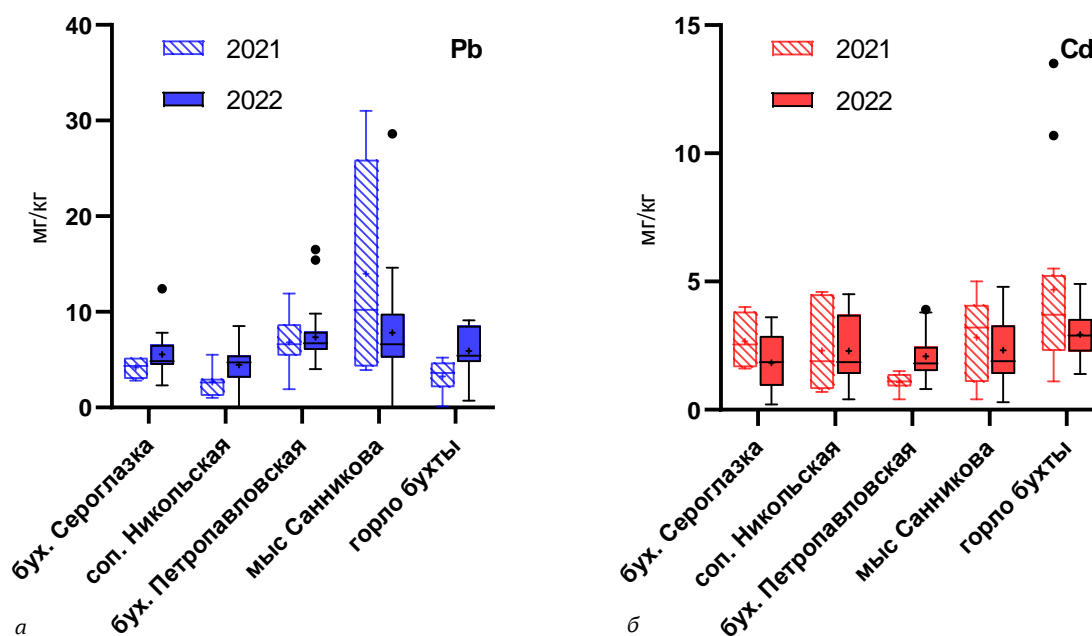


Рис. 2. Содержание Pb (а) и Cd (б) в образцах *Mytilus trossulus*, собранных в разных районах Авачинской губы в 2021 и 2022 гг.

За период исследований минимальное содержание Cd в мидии выявлено в 2021 г. в бух. Петропавловской – 0,4 мг/кг и в 2022 г. в бух. Сероглазка – 0,8 мг/кг (рис. 2, б). Максимальные уровни накопления металла зарегистрированы в образцах из горла Авачинской губы, при этом их средние значения к концу наблюдений снизились с 4,7 до 2,9 мг/кг. В остальных районах среднее содержания Cd в моллюсках не превышало 2,8 мг/кг. В целом подобный уровень биоаккумуляции этого металла сопоставим с его природными концентрациями в мидиях Охотского моря, в частности Северных Курильских островов [11, 12]. Причины такого повышенного содержания Cd в гидробионтах связывают с вулканической деятельностью и апвеллингами.

Следует отметить, что по проведенной в 2009 г. экологической оценке состояния мест бункеровки судов в Авачинской губе мыс Санникова характеризовался самым загрязненным районом по содержанию Zn, Cu, Pb, Cd и нефтепродуктов в грунтах. Так, концентрация Pb в грунте здесь достигала экстремально высоких значений – 241 мг/кг, а Cd – 2,4 мг/кг [13]. Вероятно, этот компонент среды до сих пор оказывает воздействие на биоту района и является вторичным источником загрязнения.

При оценке уровней накопления ТМ у мидий из разных размерных групп статистически значимых различий не выявлено. Однако в некоторых районах абсолютные значения содержания

металлов для групп за один и тот же период сбора могли отличаться в несколько раз (рис. 3). В целом в мягких тканях моллюсков первого года жизни (размером < 3 см) в среднем аккумулируется больше Pb, чем у представителей старшей возрастной группы (рис. 4, а).

В отношении Cd выявлена противоположная тенденция (рис. 4, б). Известно, что частота встречаемости мидий на литорали Авачинской губы с размером раковин до 3 см составляет около 70%, остальные размерные группы представлены преимущественно особями с длиной раковины 3–4 см и единичными экземплярами размером 4–6 см [14]. В наших исследованиях в отдельных районах особи старшей возрастной группы были значительно малочисленнее, что, вероятно, привело к выявлению локальных несоответствий в содержании металлов в размерных группах моллюсков. Выявленные аномалии несколько искажают общую тенденцию в аккумуляции Pb и Cd мидией в Авачинской губе, для более детального анализа этого явления необходимо проведение специального исследования отдельно размерных групп 1–2 и 2–3 см.

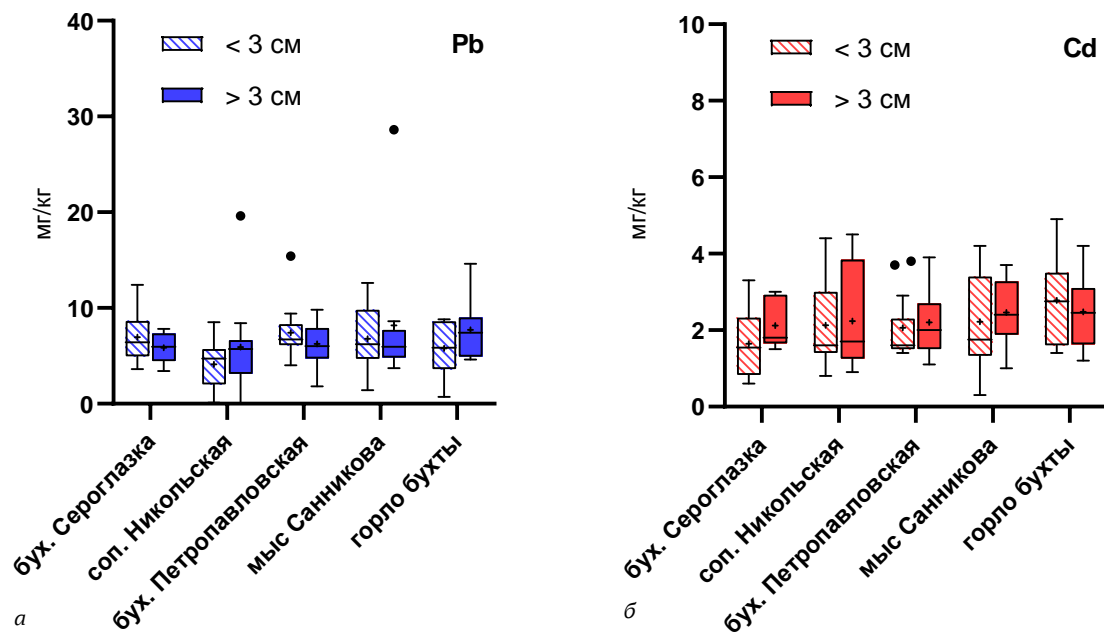


Рис. 3. Содержание Pb (а) и Cd (б) в образцах *Mutilus trossulus* из разных размерных групп, собранных в Авачинской губе в 2022 г.

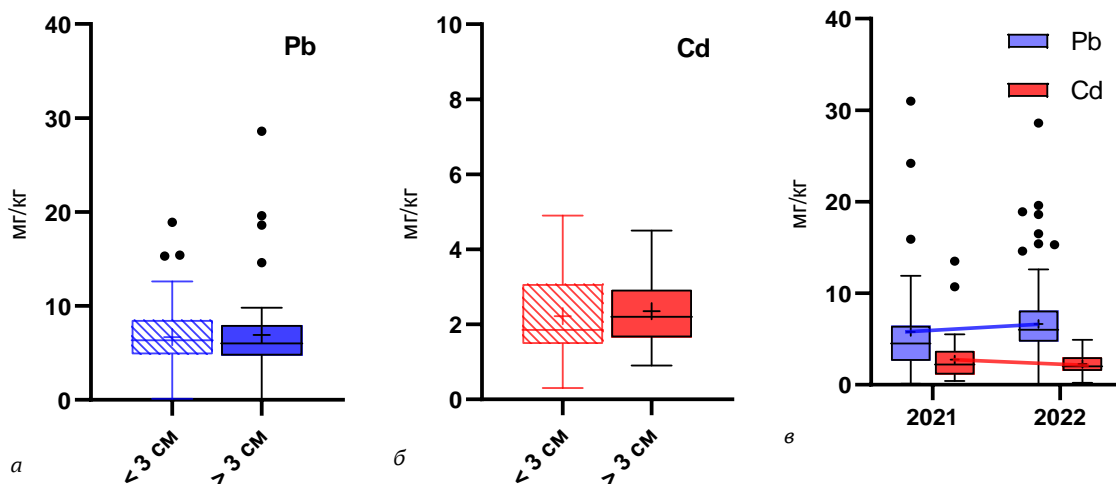


Рис. 4. Усредненное содержание ТМ по размерным группам моллюсков (а, б) и межгодовая динамика в Авачинской губе в 2021–2022 гг.

Согласно отечественным санитарно-гигиеническим нормативам, все проанализированные пробы моллюсков из Авачинской губы за период 2021–2022 гг. являются безопасными по содержанию Pb и Cd. Также уровень накопления Cd в образцах соответствует государственным стандартам стран Евросоюза (ПДК – 5 мг/кг) и США (ПДК 20 мг/кг) [10, 15]. В то же время в некоторых районах бухты отмечено превышение допустимого уровня Pb (7,5–8,5 мг/кг) относительно зарубежных нормативов.

На основе полученных данных установлено, что общим трендом за весь период наблюдений является незначительное увеличение содержания Pb в образцах мидии Авачинской губы с 5,8 до 6,6 мг/кг и снижения Cd – с 2,8 до 2,3 мг/кг (рис. 4, в). В закрытых районах, бухте Петропавловской и у мыса Санникова, уровень накопления Pb в моллюсках выше, чем у более открытых участков побережья с активным водообменом – бух. Сероглазка, у соп. Никольской и в ряде бухт горла Авачинской губы.

### Литература

1. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem / Q. Zhou, J. Zhang, J. Fu, J. Shi, G. Jiang // *Anal. Chim. Acta.* – 2008. – Vol. 606 (2). – P. 135–150.
2. Toxicokinetic models 1704 and related tools in environmental risk assessment of chemicals / A. Grech, C. Brochet, J.L. Dorne, N. Quigno, F.Y. Bois, R. Beaudouin // *Science of the Total Environment.* – 2017. – Vol. 1705, № 578. – P. 1–15.
3. Goldberg's proposal of "the Mussel Watch": Reflections after 40 years / J.W. Farrington, B.W. Tripp, S. Tanabe, A. Subramanian, J.L. Sericano, T.L. Wade, A.H. Knap, D. Edward // *Marine Pollution Bulletin.* – 2016. – Vol. 110. – P. 501–510.
4. Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: A review / J. Beyer, N.W. Green, S. Brooks, I.J. Allan, A. Ruus, T. Gomes, I.L.N. Bråte, M. Schøyen // *Mar. Environ. Res.* – 2017. – Vol. 130. – P. 338–365. URL: doi: 10.1016/j.marenvres.2017.07.024.
5. Garscia-Seoane R., Aboal J.R., Fernández J.A., Boquete T. Biomonitoring coastal environments with transplanted macroalgae: A methodological review // *Marine Pollution Bulletin.* – 2018. – Vol. 135. URL: DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.027.
6. Ключкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 205 с.
7. 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.
8. Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двустворчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. – М., 2004. – 306 с.
9. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.107801.2008. – <https://gosstandart.info/data/documents/sanpin3.2.1078-01>
10. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*) в природных водоемах Восточной Азии / В.В. Богатов, Л.А. Прозорова, Е.Н. Чернова, Е.В. Лысенко // *Вестник ДВО РАН.* – 2018. – № 4. – С. 79–87.
11. Кавун В.Я., Христофорова Н.К. Роль современного вулканизма и апвеллингов в формировании импактных зон тяжелых металлов в прибрежных водах Курильских островов // *Мелководные газогидротермы и экосистема бухты Кратерной (Вулкан Ушишир, Курильские острова).* Книга 1. Часть 2. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. – С. 114–120.
12. Чернова Е.Н., Лысенко Е.В. Шантарские острова: особенности микроэлементного состава бурых водорослей и двустворчатых моллюсков // *Геосистемы Северо-Восточной Азии: географические факторы динамики и развития их структур: Сборник научных статей Десятой науч.-практ. конф.* – Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2022. – С. 145–150.

13. 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. – № 35. – С. 53–64.

14. Архипова Е.А. К вопросу о промысле тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* у побережья восточной Камчатки // Прибрежное рыболовство – XXI ВЕК: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное изд-во, 2002. – С. 165–168.

15. Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998–2005) / Z. Kljaković-Gašpić, I. Ujević, T. Zvonarić, A. Barić // Acta Adriat. – 2007. – Vol. 48. – P. 73–88.

УДК 504.4:502.51(265.5)"2022"

**В.А. Русанова<sup>1</sup>, Н.А. Седова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО),  
Петропавловск-Камчатский, 683000;

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: sedova67@bk.ru

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ В 2022 ГОДУ**

Определение содержания нефтепродуктов в донных отложениях – одно из перспективных направлений современной геохимии окружающей среды. Приведены результаты по степени нефтяного загрязнения донных отложений и морской воды в окрестностях Петропавловска-Камчатского в 2022 г. Установлено, что концентрация нефтепродуктов в донных отложениях Авачинской губы за период исследований соответствовала слабозагрязненному уровню. После разлива нефтепродуктов в бухте обнаружено превышение ПДК углеводородов в районах хозяйственно-бытовых предприятий в 22–38 раз. Наиболее загрязненный участок – литораль в районе Озерновской косы. В течение 6 месяцев содержание нефтепродуктов в воде снизилось в 2,5 раза.

**Ключевые слова:** Авачинская губа, донные отложения, морская вода, нефтепродукты, загрязнение.

**V.A. Rusanova<sup>1</sup>, N.A. Sedova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka branch of Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO),  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000;

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: sedova67@bk.ru

### **DETERMINING THE CONTENT OF OIL PRODUCTS IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF AVACHA BAY IN 2022**

Determining the content of oil products in bottom sediments is one of the promising areas of modern environmental geochemistry. The results on the degree of oil pollution of bottom sediments and sea water in the vicinity of Petropavlovsk-Kamchatsky in 2022 are presented. It was found that the concentration of oil products in the bottom sediments of Avacha Bay during the study period corresponded to a slightly contaminated level. After the spill of oil products in the bay, an excess of the MPC of hydrocarbons in the areas of household enterprises by 22–38 times was found. The most polluted area is the littoral near the Ozernovskaya Spit. Within 6 months, the content of oil products in water decreased by 2.5 times.

**Key words:** Avacha Bay, bottom sediments sea water, oil products, pollution.

В последние десятилетия происходит непрерывное загрязнение морей нефтепродуктами, тяжелыми металлами, фенолами и другими веществами, обладающими токсичными свойствами [1]. Для экологической оценки морской среды необходимо исследовать содержание поллютантов, в том числе нефтепродуктов, в морских донных отложениях или донных осадках, грунтах. Информация о загрязнении морских акваторий требуется для изучения общего баланса соединений, содержание которых превышает фоновые значения, а также для оценки состояния загрязнения бухты, при мониторинге качества морских донных осадков, при осуществлении геологоразведочных и других работ в акватории. Трансформация загрязняющих веществ в воде может происходить с различной скоростью.



Авачинская губа до недавних лет оставалась рыбопромысловым районом Камчатки. На ее берегах расположены г. Вилючинск и областной центр г. Петропавловск-Камчатский, для которых Авачинская губа является естественным приемником всех промышленных выбросов, канализационных, бытовых и хозяйственных стоков. Рыбные и торговые порты, база военно-морского флота, судоходство оказывают существенное влияние в непрерывном дальнейшем загрязнении Авачинской губы. Большая часть загрязняющих веществ, поступающих в бухту, аккумулируются в донных осадках. Некоторая их часть вовлекается в трофический круговорот и в итоге накапливается в гидробионтах. Небольшая часть выносится с отливным течением в Авачинский залив. Учитывая важное рыбохозяйственное и рекреационное значение Авачинской губы, мониторинг таких загрязняющих веществ, как нефтепродукты, в воде и донных осадках актуален.

Участились аварийные ситуации, связанные с разливом нефтепродуктов, которые способствуют накоплению углеводородов в донных отложениях и усиливают антропогенное воздействие на гидробионтов, и в итоге это имеет отрицательные последствия для всей морской экосистемы. Так, в мае 2022 г. в акватории Авачинской губы был обнаружен сброс нефтепродуктов в районе пирса компании «Океанрыбфлот». С приливным течением нефтяная пленка распространилась до района отделения ГИМС вплоть до Никольской сопки [2]. Впоследствии в губу попало 15 тонн нефтепродуктов. Были предприняты меры для очищения бухты, специальный отряд использовал 90 кг сорбента. В данном мероприятии было задействовано пять единиц техники. Экстренно произвели взятие образцов воды на содержание углеводородов с поверхности бухты в зоне разлива и пробы грунта на других участках акватории.

*Цель работы* – изучить степень загрязнения акватории Авачинской бухты нефтепродуктами в 2022 г. и динамику трансформации загрязнений в течение 6 месяцев.

Работы проводили в северо-восточной части Авачинской губы: бух. Моховой, бух. Раковой, в районе Центральной набережной и близ сопки Никольской (рис. 1). В 2022 г. с апреля по ноябрь (22 апреля, 23 мая и 15 ноября) из Авачинской губы было собрано и проанализировано 10 проб воды и семь проб грунта на содержание нефтепродуктов (рис. 1). Пробы донных отложений для исследования на нефтепродукты были взяты дночерпателем «Океан-50» вблизи сброса сточных вод промышленных предприятий, на участках с обнаруженными случаями нарушений норм качества воды.

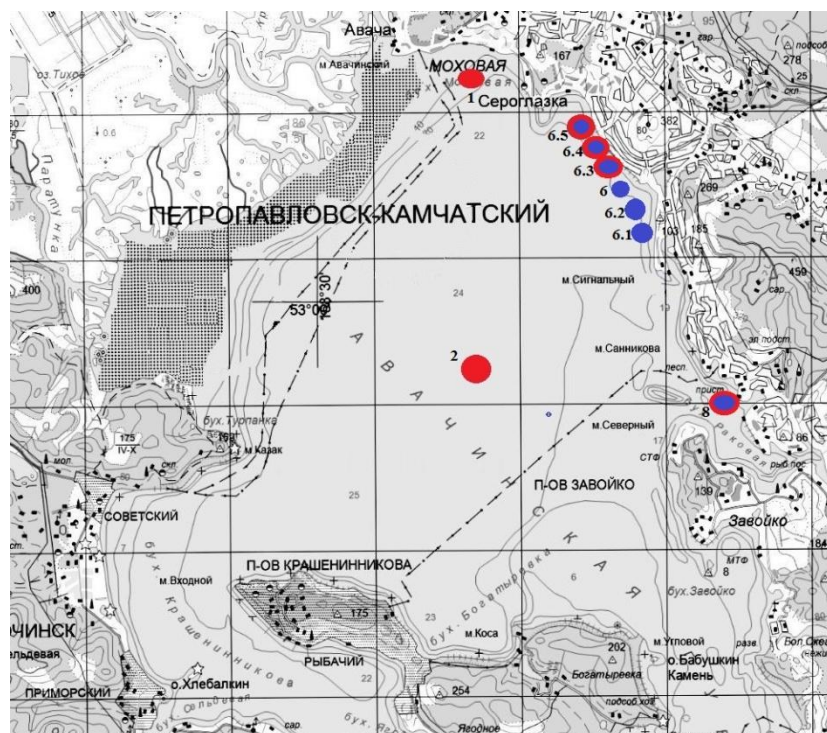


Рис. 1. Схема станций. Красным выделены станции, где проводился отбор проб донных отложений, синим – отбор проб воды на нефтепродукты

Пробы воды и донных осадков на нефтепродукты обрабатывали согласно стандартизированным методам ЦВ 1.12.52-2002 «А» и МУ 31-11/05 [3, 4]. Исследования проводили методом газовой хроматографии при помощи газо-жидкостного хроматографа Agilent 7890Б. Предельно допустимая концентрация (ПДК) нефтепродуктов, установленная для водоемов рыбохозяйственного водопользования первой категории, к которым отнесена Авачинская губа, составляет 0,05 мг/дм<sup>3</sup> [2].

В результате проведенных исследований обнаружено, что во время разлива наблюдались высокие концентрации нефтяных углеводородов (НУ) на поверхности бухты, их содержание находилось в пределах 22–38 ПДК (рис. 2). Наибольшая степень загрязнения наблюдалась у северо-восточного берега в районе ГИМС (государственная инспекция надзора за морскими прогулочными судами). В остальной части акватории Авачинской губы НУ распространялись относительно равномерно.

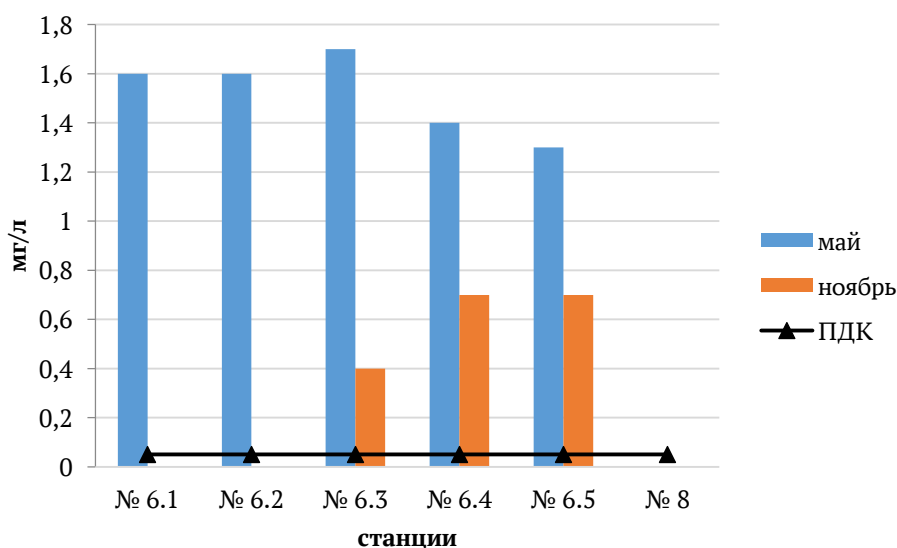


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в воде (Авачинская губа) в мае – ноябре 2022 г.

Наибольшая концентрация растворенных НУ регулярно наблюдается в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий и в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию Авачинской губы способствуют приливо-отливные и сгонно-нагонные течения. ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ГОИН) проводит ежегодные исследования воды на нефтепродукты в акватории Авачинской бухты по станциям мониторинга загрязнения, которые расположены вблизи двух портовых участков, и также отмечает в своих исследованиях превышение нефтепродуктов в водной среде по всей акватории. По данным ГОИН, в 2020 г. в водах Авачинской губы в целом и в районе порта в частности приоритетными загрязняющими веществами оставались нефтяные углеводороды, фенолы и СПАВ. Значения выше ПДК отмечены в 42% отобранных проб. Вместе с тем в 2020 г. среднегодовое содержание углеводородов в водах Авачинской губы, по сравнению с 2019 г., снизилось в два раза и составило 1,2 ПДК при максимуме 15,8 ПДК.

Спустя шесть месяцев после ликвидации аварийного разлива, в ноябре были повторно взяты пробы на станциях, приближенных к центральной набережной. Оказалось, что содержание углеводородов в воде снизилось в 2,5 раза (8–14 ПДК) (рис. 2).

Для донных осадков предельно допустимые концентрации содержания нефтепродуктов в России не нормируются. Поэтому оценку загрязненности проводили по региональным нормативам [4]. Содержание нефтепродуктов в донных отложениях удалось просмотреть в бухтах Моховой и Раковой – весной и в районе разлива нефтепродуктов спустя шесть месяцев – осенью.

Средняя концентрация нефтепродуктов на поверхности, в районе разлива составила чуть более 30 ПДК, изменяясь от 1,1 до 1,9 мг/л, спустя шесть месяцев после ликвидации разлива содержание углеводородов в воде снизилось в 2,5 раза (8–14 ПДК). Полученные данные говорят о достаточном загрязнении акватории нефтепродуктами. Проведенное исследование показало,

что содержание нефтепродуктов в донных отложениях находится между целевым и предельным уровнями (от 180 до 1 000 мг/дм<sup>3</sup>), что соответствует классификации загрязнения 1 класс – слабозагрязненные донные отложения.

Интересно было бы выяснить, за счет каких механизмов и с какой скоростью происходит самоочищение водоема в окрестностях города. Для данной задачи необходимо проведение дополнительных исследований. В связи с этим планируется продолжить начатые мониторинговые исследования в мае 2023 г.

### Литература

1. Русанова В.А., Походина М.А. Донные отложения как информативный показатель качества вод Авачинской бухты // Материалы X Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов / Под ред. И.И. Гордеева, А.С. Сафронова, А.А. Смирнова, К.К. Киввы, О.В. Воробьевой, Л.О. Архипова, О.А. Мазниковой, Е.В. Лаврухиной, А.А. Сумкиной – М.: Изд-во ВНИРО, 2022 – С. 304–307.
2. Орадовский С.Г. Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях. – М.: Океанографический институт (ГОИН), 1979. – 39 с.
3. ЦВ 1.12.52-2002 «А» ФР.1.31.2004.01041 Качество воды. Методика выполнения измерений содержания нефтепродуктов. Метод газовой хроматографии. – 19 с.
4. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга: Региональный норматив, разработанный в рамках российско-голландского сотрудничества по программе RSO 95/RF/3/1. – Санкт-Петербург, 1996.
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Минсельхоза России от 10.03.2020 № 552 (ред. от 10.03.2020) (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 № 45203) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pravo.gov.ru>, 16.01.2017, № 0001201701160006 (дата обращения: 10.03.2023).

УДК 631.874

**Н.М. Шалагина, А.А. Чебурина, А.Е. Голованева**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003;  
Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
с. Сосновка, Елизовский район, Камчатский край, 684033  
e-mail: golovaneva.an@yandex.ru*

### **ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР В КАМЧАТСКОМ КРАЕ**

В исследовательской работе рассмотрена возможность ведения экологически безопасного органического земледелия. По результатам проведения опытных работ доказана эффективность в короткороционном севообороте с повышением баланса азота, фосфора и калия за севооборот. Показана роль зеленого удобрения в повышении плодородия почв Камчатского края, улучшения агрофизических и химических показателей плодородия.

**Ключевые слова:** плодородие почв, сидераты, зеленое удобрение, севооборот, химические элементы.

**N.M. Shalagina, A.A. Cheburina, A.E. Golovaneva**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;  
Kamchatka Scientific Research Institute of Agriculture,  
Sosnovka village, Yelizovsky district, Kamchatka Krai, 684033  
e-mail: golovaneva.an@yandex.ru*

### **RESULTS OF THE STUDY OF SIDERAL CULTURES IN KAMCHATKA KRAI**

The research paper considers the possibility of conducting environmentally safe organic farming. According to the results of experimental work, the effectiveness in short-term crop rotation with an increase in the balance of nitrogen, phosphorus and potassium for crop rotation has been proven. The role of green fertilizer in increasing soil fertility of Kamchatka Krai, improving agrophysical and chemical indicators of fertility is shown.

**Key words:** soil fertility, siderates, green fertilizer, crop rotation, chemical elements.

Интенсивное развитие сельского хозяйства, основанное на увеличении урожайности выращиваемых культур без контролируемого подхода к ведению природопользования, привело к тому, что экологическая безопасность почвенного покрова находится под угрозой.

Применение минеральных удобрений, различных средств защиты растений от вредителей, использование регуляторов роста и т. д. могут привести к необратимым изменениям в педосфере и взаимодействующими с ней средами жизни. Негативные последствия могут проявляться в виде деградационных процессов в почвенном покрове, выраженные в истощении плодородных свойств, загрязнении, снижении его биоразнообразия, нарушении аккумуляционно-деструкционных процессов.

В результате интенсивного использования почвенных ресурсов прежде всего ухудшается их плодородный слой. Основной задачей при использовании данных ресурсов выступает сохранение и повышение почвенного плодородия. Как правило, практически во всех хозяйствах на полях с пропашными и однолетними кормовыми культурами ежегодно отмечается снижение запасов гумуса.

Как известно, самые «важные» питательные элементы из почвенной среды извлекаются в результате потребления растениями, т. е. происходит их постоянное отчуждение с растениеводческой продукцией. Если применение удобрений в данном случае не применяется, то происходит снижение естественного плодородия и отмечается постепенная деградация почвы.

Постоянное отчуждение с урожаями элементов питания из почвы, в том числе микроэлементов, при крайне низком уровне применения минеральных и органических удобрений привело к снижению не только реального, но и потенциального почвенного плодородия.

Одна из причин – недостаточное внесение органических и минеральных удобрений, вследствие чего возникает необходимость в проведении исследований и разработки рекомендаций по комплексному использованию приемов биологизации, в частности применения сидеральных культур в севооборотах с целью увеличения в почве органического вещества.

Рациональное применение нетрадиционных форм органических удобрений (сидерат, солома) обеспечивает ведение экологически сбалансированного и безопасного земледелия.

В современной литературе оба термина – «сидерация» и «зеленое удобрение» принимаются как синонимы, а культуры, запахииваемые в почву, называют сидератами [1].

Зеленые удобрения с давних времен используются человеком для восполнения запасов питательных веществ в почве, увеличения урожайности выращиваемых культур. Сегодня с развитием концепции устойчивого развития сельского хозяйства интерес к сидеральным удобрениям постоянно увеличивается [2].

В зависимости от применяемых сидеральных культур, энергии их деструкции определяются органоминеральные, влагоудерживающие, а также ряд других свойств почвы. Почвенная экосистема, как и любая другая, включает процессы продуцирования, транспорта и трансформации органического вещества. Стабильность и полноценность протекания данных процессов способствует поддержанию устойчивости почвенной экосистемы. Микробиота в почве выполняет деструкционную функцию по разложению растительных остатков применяемых сидератов. Микробиологические процессы играют ведущую роль в гумусообразовании почвы. Применение зеленых удобрений позволяет повысить эффективность вносимых препаратов, содержащих минеральные питательные компоненты.

В результате применения сидератов увеличивается урожайность всех культур и тем самым повышается почвозащитная способность растительного покрова [3, 4].

В 2001–2007 гг. в Камчатском НИИСХ проведены исследования в картофельных севооборотах при размещении их по фону запашки трехгодичного травостоя и по фону распаханного шестилетнего пласта многолетних трав. Изучался короткоротационный трехпольный севооборот: однолетние травы, картофель, картофель.

Травостой клеверо-тимофеечной смеси 3-го года жизни, используемый в качестве сидерата, измельчали и запахиивали в период цветения клевера, колошения тимофеевки. Для формирования шестилетнего пласта травостой скашивали на сено в течение пяти лет. Перед посевом трав вносили удобрения в дозе  $(NPK)_{60}$ , в последующие годы подкармливали весной из расчета  $N_{30}(PK)_{60}$  [5]. Установлена положительная роль пласта клеверо-тимофеечной смеси 6-го года жизни и сидерации травостоя 3-го года жизни в сохранении структуры почвы и ее водопропускности в трехпольном севообороте. Урожайность картофеля в среднем за севооборот при дозах удобрений  $N_{120} P_{120} K_{120}$  и  $(NP)_{90} K_{120}$  в последствии сидерации трехгодичного травостоя составила 246 и 236 ц/га, т. е. существенной разницы по этим дозам не прослеживалась. Продуктивность трехпольного севооборота по сидерации трехгодичного травостоя существенно превышала продуктивность после распашки пласта на 23–19% при условии внесения минеральных удобрений.

Сидерация трехгодичного травостоя многолетних трав совместно с удобрениями обеспечила положительный баланс азота за трехпольный севооборот 209,3–309 кг/га. Положительный баланс фосфора отмечался при внесении удобрений  $(NPK)_{120}$  и  $(NP)_{90} K_{120}$  кг/га д. в. под картофель, который составил 225,7–340,4 кг/га и без удобрений 8,7 и 18,3 кг/га; при распашке пласта положительный баланс 276,3–263,3 кг/га.

Баланс калия был также положительным от 63,6 до 110,3 кг/га – при запашке сидератов и 145,8–382,0 кг/га за севооборот – по фону распашки пласта. Использование биологизированного севооборота (сидерация трав третьего года жизни и шестилетнего пласта многолетних трав) для повышения и закрепления почвенного плодородия дает энергетическую эффективность соответственно 152 061–154 503 МДж/га [6, 7].

Эффективно использовать в качестве сидерата однолетние культуры – люпин и фацелию. Люпин узколистный – высокобелковая сидеральная культура, к почве люпин не предъявляет высоких требований. Люпин на зеленое удобрение может накапливать более значительную органическую массу: от 29,9 до 35–40 т/га, запашка его равноценна внесению полной дозы навозного удобрения, при этом происходит закрепление азота минеральных удобрений почвой. Фацелия – это однолетнее, быстрорастущее, холодостойкое растение семейства водолистниковых. Фацелия быстро формирует надземную массу, развивается по типу крестоцветных, хорошо облиственное растение. К моменту скашивания на сидерат (фаза цветения) в надземной массе содержится:

сухого вещества 17%, сырого протеина 13,9, сырой клетчатки 26,8, калия 3,16, кальция 2,8 и фосфора 0,3%. Фацелия накапливает ц/га: зеленой массы 317, корневых остатков 26 с содержанием питательных веществ: N – 78, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 52 и K<sub>2</sub>O – 196 кг/га [8, 9].

По нашим исследованиям, сидеральные культуры люпин и фацелия, включенные в короткоротационный севооборот, угнетали сорные растения и их проростки. Если в чистом пару (контроль) перед механизированными обработками почвы общее количество однолетних сорняков с преобладанием троицы полевой (78%) достигало 473 шт/м<sup>2</sup>, а многолетних (бодяк полевой и пырей ползучий) – 20 шт/м<sup>2</sup>, то в посевах люпина количество однолетников снизилось в 6,2 раза, многолетников – в 2,8 раза [9].

Запашки биомассы сидеральных культур (люпина узколистного и фацелии) способствует улучшению физических свойств почвы. Количество агрономически ценной фракции (макроагрегатов) в пахотном горизонте было при использовании люпина и фацелии выше, чем на контролях (рапс и чистый пар) соответственно на 16 и 8% и на 18 и 10% и достигало 78–80%; водопрочность почвенных агрегатов составила 74%, объемная масса почвы под сидеральными культурами не превышала 0,61–0,64 г/см<sup>3</sup>.

При использовании на «зеленое» удобрение люпина узколистного и фацелии общие запасы азота в накопленном органическом веществе надземной и корневой биомассы были у люпина 143,37 кг/га, или на 19,48 (15%) кг/га больше по сравнению с рапсом, у фацелии – почти на одном уровне с рапсом и составили 126,41 кг/га. Запасы фосфора в биомассе фацелии превышали в 1,8 раза содержание его в рапсе яровом и составили 19,23 кг/га. При использовании на сидерат люпина узколистного запасы фосфора в органическом веществе составили 14,21 кг/га, что на 3,7 кг/га выше контроля. Поступление калия с органическим веществом фацелии и рапса ярового было практически на одном уровне и равнялось 151,68 и 148,26 кг/га. В биомассе люпина калия содержалось на 15,86 (10,7%) и 19,28 кг/га (12,7%) меньше, чем в рапсе и фацелии. Следовательно, при запашке сидеральной массы испытываемых культур по наибольшему накоплению азота выделялся люпин узколистный, а по фосфору – фацелия в сравнении с контролем (рапс яровой).

В конце вегетационного периода по результатам анализа почвы, взятой перед запахиванием измельченной сидеральной массы, агрохимические показатели указывали на высокое содержание подвижного фосфора на люпине узколистном и фацелии – 179 и 186 мг/кг, в то время как на чистом пару оно было средним – 140 мг/кг почвы. Обеспеченность обменным калием на опытных вариантах была средней и колебалась от 92 до 113 мг/кг. Содержание нитратного азота достигло среднего уровня (21,9 и 17,0 мг/кг) – на люпине и фацелии, в чистом пару и на рапсе яровом оставалось на пониженном уровне 8,5 и 10,0 мг/кг. Увеличение содержания органического вещества в почве и улучшение ее агрохимических и физических свойств, достигаемых путем сидерации совместно с минеральными удобрениями, обуславливали более высокую урожайность картофеля. Достоверная прибавка урожая относительно чистого пара составила по фону запашки люпина узколистного и фацелии 34 (17%) и 36 (18%) ц/га при дозе (NPK)<sub>120</sub>, при дозе (NPK)<sub>90</sub> – соответственно 46 (24%) и 44 (24%) ц/га. То есть в данном случае дозы (NPK)<sub>120</sub> и (NPK)<sub>90</sub>, а также сидеральная масса люпина и фацелии по своему удобрительному действию на картофель были одинаковы.

Отмечалось также преимущество запашки биомассы люпина и фацелии по сравнению с рапсом яровым: урожайность картофеля повысилась на 19 (9%) и 21 (11%) ц/га при (NPK)<sub>120</sub> и на 17 (8%) и 15 (7%) ц/га при (NPK)<sub>90</sub>. На фоне данных сидеральных культур доза удобрений (NPK)<sub>60</sub> также способствовала существенному увеличению урожая картофеля. По отношению к чистому пару прибавка составила соответственно 32 и 42 ц/га, по отношению к рапсу яровому – 22 и 32 ц/га. Урожай при этом достиг 162 и 172 ц/га. Товарность клубней при использовании сидератов на удобренных вариантах была 80–83%. Прямое действие сидеральных культур люпина и фацелии положительно сказались при возделывании картофеля, а также способствовали улучшению почвенного плодородия. Запашка биомассы сидеральных культур позволила снизить дозу минеральных удобрений на картофеле с (NPK)<sub>120</sub> до (NPK)<sub>90</sub>.

В 2019–2020 гг. изучалось использование смеси однолетних сидеральных культур, на урожайность картофеля и улучшение свойств почвы. Климатические условия Камчатки позволили использовать в качестве зеленого удобрения такие культуры, как рапс яровой, овес, горчица белая, вика яровая и редька масличная.

За контроль были взяты одновидовые посева рапса ярового, горчицы белой и редьки масличной, в сравнении с данным культурами были использованы двухкомпонентные смеси (рапс + овес, рапс + вика, горчица + овес, горчица + редька, редька + вика) [10].

Выявлено существенное увеличение урожайности картофеля на фоне (NPK)<sub>90</sub> в последствии сидеральных смесей: рапс яровой + вика яровая, горчица белая + овес, горчица белая + вика яровая и горчица белая + редька масличная в трехпольном севообороте: сидерат – картофель – картофель. Урожайность была соответственно 26,3, 28,0, 28,6, и 30,4 т/га. Прибавка относительно одновидовых посевов составила 3,7–7,6 т/га, или 16,3–33,3%. В прямом действии двухпольного севооборота двухкомпонентные сидеральные смеси в сравнении с одновидовыми посевами, как на фоне (NPK)<sub>90</sub>, так и без удобрений, не показали существенного влияния на урожайность картофеля, так как для разложения сидерата нужно два года.

Смеси однолетних сидеральных культур в различных сочетаниях обеспечили накопление сырой биомассы в пахотном горизонте до 33,67–57,58 т/га. Наиболее эффективна была смесь редьки масличной с викой яровой – урожай биомассы достигал 57,58 т/га. Содержание азота в двухкомпонентных смесях превысило одновидовые посева, на 12,49 кг/га (10,6%) – 73,17 кг/га (118,5%). Наиболее высокое содержание азота отмечалось в смесях с викой яровой. Количество фосфора в двухкомпонентных смесях было выше, чем в одновидовых посевах, на 29,89–72,84 кг/га, или на 22,42–68,36%. Также двухкомпонентные сидеральные смеси улучшили физические свойства почвы [11].

Таким образом, в ходе исследований определена эффективность использования в качестве сидеральных удобрений: 6-летнего пласта многолетних трав, а также клеверо-тимофеечной смеси второго и третьего годов пользования. Из однолетних трав на сидераты рекомендуется применять рапс яровой, редьку масличную, вику яровую, горчицу белую, овес – как одновидовые посева, так и двухкомпонентные смеси в различных сочетаниях. В качестве одновидовых посевов в чистом виде рекомендуется использовать люпин узколистный и фацелию. Использование данного вида экологического органического удобрения способствовало улучшению качества минерального состава изучаемой почвы.

Применение зеленых удобрений в практике, реализуемой в сельском хозяйстве Камчатского края, позволяет осуществлять минимальную обработку почвы для выращивания культурных растений. Внедрение таких методов является важнейшей частью экологически безопасного органического сельского хозяйства.

Зеленые удобрения могут сыграть важнейшую роль в борьбе с эрозийными процессами почвы, способствуют увеличению биоразнообразия почвы, сокращению потерь питательных веществ, поддержанию и повышению плодородия почвы.

### Литература

1. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
2. Magdoff F., Harold van Es. Building soils for better crops: sustainable soil management. 3rd ed. – Linemark Printing, 2009. – 294 p.
3. Щукин С.В. Экологизация сельского хозяйства (перевод традиционного сельского хозяйства в органическое). – М.: ФГБОУ ВПО «Ярославская гос. с.-х. академия», 2012. – 196 с.
4. Каптанов А.Н., Заславский М.Н. Почвоводоохранное земледелие. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 496 с.
5. Система земледелия Камчатского края: Сборник научных трудов / Камчатский НИИСХ. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2015 – С. 27–36.
6. Шалагина Н.М. Эффективность многолетних трав на сидерат в короткоротационном севообороте: Отчет НИР. – п. Сосновка, 2007. – С. 35–37.
7. Ступаков И.А. Воспроизводство плодородия почв в кормовых севооборотах // Земледелие. – 2001. – № 2. – С. 15–16.
8. Палиев М.А. Новый способ использования люпина на зеленое удобрение // Земледелие. – 2004. – № 3. – С. 12.
9. Шалагина Н.М. Использование люпина узколистного и фацелии в условиях Камчатки: Отчет НИР. – п. Сосновка, 2010. – С. 24–29.
10. Шалагина Н.М. Изучение действий и последствий смеси однолетних сидеральных культур на урожайность картофеля, агрохимические и агрофизические свойства почвы: Отчет НИР. – п. Сосновка, 2019. – С. 25–30.
11. Шалагина Н.М. Изучение действий и последствий смеси однолетних сидеральных культур на урожайность картофеля, агрохимические и агрофизические свойства почвы: Отчет НИР, п. Сосновка, 2020. – С. 23–29.

## Секция 4. НОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК (664: 661.971.5):594.124

**В.А. Иодис, И.П. Сарайкина**

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

### **ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТВОРОК МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ КАК ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ БАД**

В работе рассматриваются вопросы получения низкотемпературной углекислоты для измельчения створок мидии тихоокеанской как подготовительной операции в технологии биологически активных добавок (БАД). С учетом высокой стоимости низкотемпературной углекислоты проанализированы способы ее получения и предложен новый способ ее производства, позволяющий снизить удельную себестоимость углекислоты.

**Ключевые слова:** биологически активная добавка, мидия тихоокеанская, углекислый газ, жидкая углекислота.

**V.A. Iodis, I.P. Saraykina**

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

### **OBTAINING LOW-TEMPERATURE CARBON DIOXIDE FOR GRINDING PACIFIC MUSSELS VALVES AS A PREPARATORY OPERATION IN BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE TECHNOLOGY**

The paper deals with the issues of obtaining low-temperature carbon dioxide for grinding the valves of the Pacific mussel, as a preparatory operation in the technology of biologically active additives (BAA). Taking into account the high cost of low-temperature carbon dioxide, methods for its production are analyzed and a new method for its production is proposed, which makes it possible to reduce the specific cost of carbon dioxide.

**Key words:** biologically active additives, Pacific mussel, carbon dioxide, liquid carbon dioxide.

Пищевая промышленность РФ удовлетворяет потребности всего населения страны. Особенность данной отрасли состоит в том, что необходимо постоянно удовлетворять новые потребности – повышать качество продукции, расширять ассортимент. Одним из видов продукции являются БАД. Перспективное направление производства БАД – получение их из нерыбных объектов промысла, таких, например, как тихоокеанская мидия. Сами процессы в большинстве случаев трудоемкие, долговременные и затратные [1–10]. Однако в 2018 г. разработан и экспериментально проверен инновационный способ производства БАД, позволяющий получать биодобавку из створок мидии тихоокеанской без вышеперечисленных недостатков. Реализация способа состоит в конвекционной сушке раковин и в измельчении как потоком жидкой углекислоты под давлением, так и в измельчении с использованием механических дробилок при низких температурах (минус 60 ÷ минус 70°C) [5, 10].

В разработанной технологии наибольшие затраты предусмотрены на использование хладагента – жидкой низкотемпературной углекислоты. Анализ существующих способов производства



углекислоты показал большое количество недостатков, а именно значительные капиталовложения и производственные расходы, в результате чего жидкий диоксид углерода имеет высокую удельную стоимость [11].

#### Способ получения низкотемпературной углекислоты

Для снижения затрат на производство углекислоты в 2019 г. разработан, а затем запатентован способ регенерации синтетического цеолита при производстве жидкой двуокиси углерода [12–19]. Изобретение предназначено для производства жидкой углекислоты или газообразного диоксида углерода. Суть способа сводится к использованию сжатого  $\text{CO}_2$  с линии его производства для регенерации синтетического цеолита, используемого для осушения  $\text{CO}_2$  перед сжатием в компрессоре. Это позволяет существенно экономить на электроэнергии и, как следствие, снизить затраты на производство как углекислоты, так и «сухого льда».

Однако при указанном выше способе [11] диоксид углерода после регенерации синтетического цеолита сбрасывается в атмосферу, что влечет увеличение удельных затрат на производство низкотемпературной углекислоты.

Данный недостаток [11] учтен в запатентованном способе [20], где данные потери отсутствуют, что в целом повышает производительность установки для получения жидкой углекислоты.

Схема работы установки получения жидкой углекислоты для производства БАД [15] представлена на рисунке.

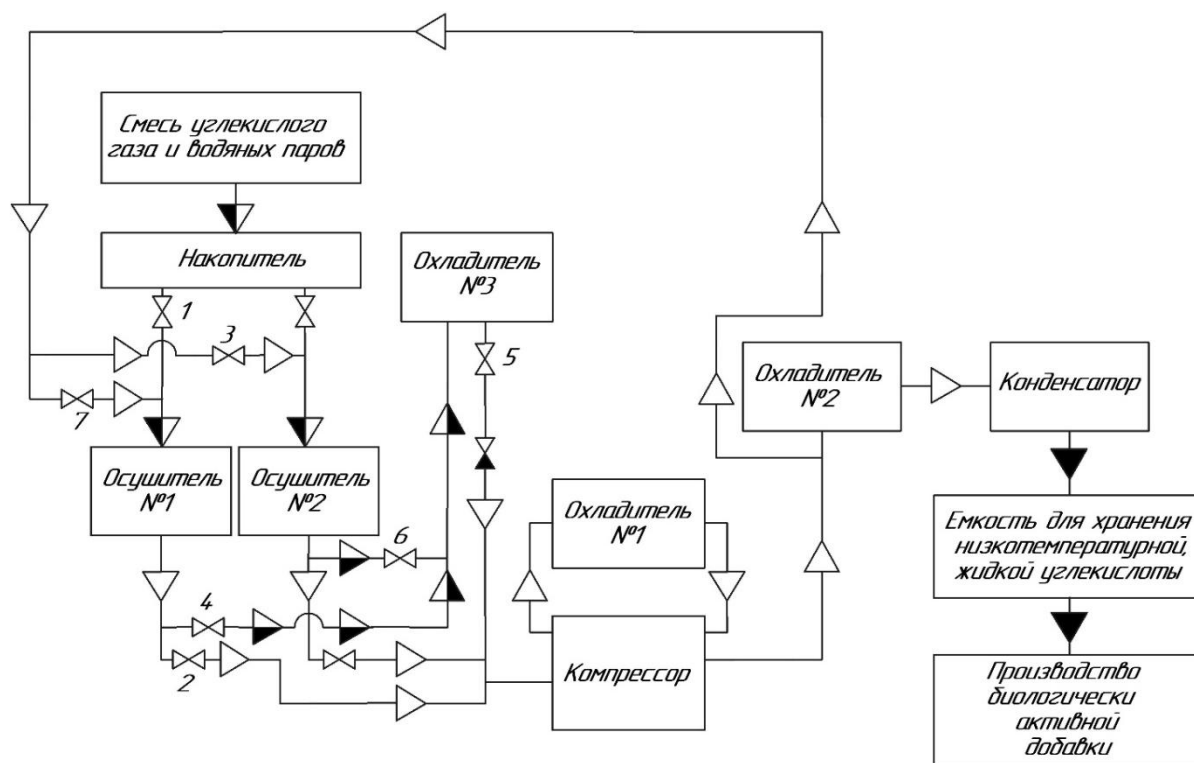


Схема работы установки получения жидкой углекислоты для производства БАД

Приведем примеры работы установки для получения углекислоты.

**Пример 1.** Из накопителя смесь водяных паров с природным  $\text{CO}_2$  через открытый кран 1 подается в осушитель №1 (давление 0,15–0,17 МПа, температура 10–12°C), где осушается и при открытом кране 2 всасывается компрессором. В этот же момент осушитель №2 находится на регенерации. Регенерация осушителя №2 осуществляется парами  $\text{CO}_2$  при температуре  $\approx 120^\circ\text{C}$  с линии «компрессор – охладитель №2». Сжатие паров углекислого газа происходит в две ступени, после каждой из которых предусмотрено охлаждение – до 15–18°C после охладителя №1, до 50°C после охладителя №2. После охладителя №2 основной поток газообразного  $\text{CO}_2$  нагнетается в конденсатор, а часть потока ( $\approx 2\%$  от массового расхода) направляется на регенерацию адсорбента в осушителе №2 (кран 3 открыт). После регенерации и остывания осушающего адсорбента в осушителе №2 продолжительностью  $\approx 3$  часа его включают в работу, а работающий

до этого осушитель № 1 переключают на регенерацию (кран 7 открыт). Углекислый газ и пары воды из регенерируемого осушителя № 2 при давлении 0,17 МПа при открытом кране 6 поступают в охладитель № 3, где охлаждаются до температуры 50°C, и углекислый газ осушается. Далее при открытом кране 5 осушенный газ смешивается с газом после осушителя при температуре смеси 11°C и всасывается первой ступенью компрессора. После конденсатора жидкая низкотемпературная углекислота сливается в емкость для хранения, откуда подается на производство биологически активной добавки.

**Пример 2.** Смесь водяных паров с природным CO<sub>2</sub> обработана по примеру 1, но смесь охлаждают в охладителе № 3 до температуры 30°C, и углекислый газ осушается. Далее при открытом кране 5 осушенный газ смешивается с газом после осушителя при температуре смеси 10,5°C и всасывается первой ступенью компрессора.

**Пример 3.** Смесь водяных паров с природным CO<sub>2</sub> обработана по примерам 1 и 2, но смесь охлаждают в охладителе № 3 до температуры 12°C, и углекислый газ осушается. Далее при открытом кране 5 осушенный газ смешивается с углекислым газом после осушителя при температуре смеси 10°C и всасывается первой ступенью компрессора. Однако охлаждение влажного углекислого газа в охладителе № 3 до температуры 12°C возможно при большом расходе охлаждающей среды, что приведет к росту капиталовложений и производственных расходов.

С учетом высокой стоимости низкотемпературной углекислоты проанализированы способы получения данного хладагента и предложен новый способ ее производства, позволяющий снизить удельную себестоимость углекислоты. Получаемый хладагент будет использоваться для измельчения створок мидии тихоокеанской как подготовительной операции в технологии БАД. Удельная себестоимость снизится вследствие увеличения производительности установки из-за отсутствия потерь углекислого газа в процессе регенерации, в то же время затраты на производство останутся на прежнем уровне.

### Литература

1. Способ производства кормовой добавки из мидий: Авторское свидетельство СССР № 935062 / В.М. Ковбасенко, Ю.Б. Крук, А.Е. Пайдай, В.А. Семенец. – 1982. – Бюл. № 22.
2. Алексанян Р.П. Способ приготовления корма для птиц: Авторское свидетельство СССР № 1561945. – 1990. – Бюл. № 17.
3. Кормовая добавка для коров: Авторское свидетельство СССР № 1479050 / В.М. Ковбасенко, В.С. Барабаш, С.Я. Гуркало. – 1991. – Бюл. № 3.
4. Способ получения биологически активной добавки к пище из растительного сырья (варианты): Патент РФ № 2176894 / А.Е. Груздева, Е.В. Потемкина, Н.В. Гришатова. – 2001.
5. Груздева А.Е. Способ получения биокорректоров из натурального сырья: Патент РФ № 239929. – 2010.
6. Щербаков В.Н., Иодис В.А. Передвижные углекислотные комплексы для получения биологически активных добавок из створок мидии тихоокеанской // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский, 2020. – С. 210–213.
7. Иодис В.А., Балыкова Л.И., Жуков С.А. Передвижной азотный скороморозильный комплекс для производства варено-мороженой мидии на базе судна МРТК типа «Балтика» // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. – Владивосток, 2012. – С. 197–201.
8. Иодис В.А., Балыкова Л.И. Мобильная холодильная цепь переработки двухстворчатых моллюсков // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2012. – № 21. – С. 10–14.
9. Иодис В.А. Передвижные азотные скороморозильные комплексы для переработки моллюсков // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. В 2 ч. / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 77–81.
10. Ипаткин П.В., Иодис В.А. Получение биологически активных добавок из створок мидии тихоокеанской с использованием холодильного потенциала твердой углекислоты // Техническая

эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский, 2020. – С. 189–191.

11. *Иодис В.А.* Анализ существующих установок сжижения диоксида углерода из подземных источников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 87–91.

12. Способ регенерации синтетического цеолита при производстве жидкой двуокиси углерода высшего сорта из подземных источников: Патент РФ № 2690468 / *Р.И. Пашкевич, В.А. Иодис.* – 2019.

13. *Иодис В.А.* Выбор цикла работы установки получения жидкой двуокиси углерода высшего сорта из подземных источников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 92–96.

14. *Иодис В.А., Пашкевич Р.И.* Схема работы установки сжижения углекислого газа, добываемого на месторождениях углекислых минеральных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 97–104.

15. *Иодис В.А., Пашкевич Р.И.* Оборудование установки получения жидкой углекислоты из подземных источников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 105–116.

16. *Пашкевич Р.И., Иодис В.А.* Автоматизация установки получения жидкого диоксида углерода высшего сорта из подземных источников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 117–125.

17. *Пашкевич Р.И., Иодис В.А.* Расчет и проектирование адсорбера для осушения потока природного углекислого газа месторождений углекислых минеральных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 126–131.

18. *Пашкевич Р.И., Иодис В.А.* Анализ способов регенерации адсорбентов для осушения диоксида углерода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 132–137.

19. *Пашкевич Р.И., Иодис В.А.* Способ регенерации синтетического цеолита при производстве жидкой двуокиси углерода высшего сорта из подземных источников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (спец. вып. 59). – С. 138–143.

20. Способ осушения углекислого газа после регенерации синтетического цеолита при производстве жидкой двуокиси углерода высшего сорта из подземных источников: Патент РФ № 2717063 / *В.А. Иодис.* – 2020.

УДК 664.959

**В.В. Лемаева, М.В. Ефимова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: efimova-ff@mail.ru*

### **ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК В СОСТАВЕ ФОРМОВАННЫХ РЫБНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА СРОК ГОДНОСТИ**

В статье приведены результаты исследований органолептических, физико-химических и микробиологических показателей формованных рыбных изделий – паштетов в оболочке – с обогащающими растительными добавками (порошка из ягод шикши, брусники и рябины) в процессе их хранения. Доказано, что добавление дикоросов в паштеты позволяет продлить их срок годности: добавление дикоросов в количестве от 3 до 6% позволило увеличить сроки годности продукции в 1,5 раза.

**Ключевые слова:** формованные рыбные изделия, растительные добавки, органолептические, химические, микробиологические показатели.

**V.V. Lemaeva, M.V. Efimova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: efimova-ff@mail.ru*

### **THE EFFECT OF VEGETABLE ADDITIVES IN THE COMPOSITION OF MOLDED FISH PRODUCTS ON THE SHELF LIFE**

The article presents the results of studies of organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of molded fish products – pates in a shell – with enriching vegetable additives (powder from crowberry, cranberry and ashberry) during their storage. It is proved that the addition of wild plants to pates allows to extend their shelf life: the addition of wild plants in an amount of 3 to 6% allowed to increase the shelf life of products by 1.5 times.

**Key words:** molded fish products, vegetable additives, organoleptic, chemical, microbiological indicators.

Формованные рыбные изделия выпускают в широком ассортименте. Изделия различаются между собой рецептурным составом, вкусом, внешним видом, структурой [1].

Перспективные принципы создания пищевых продуктов из гидробионтов, в том числе формованных изделий, определяются обоснованием и выбором сырья в соотношениях, обеспечивающих достижение прогнозируемого качества продукции с высокими органолептическими показателями. Технологические и потребительские характеристики, максимальная сбалансированность пищевых компонентов определяются по их химическому составу в соответствии с принципами рационального питания, что, как следствие, расширяет ассортимент выпускаемой продукции и повышает экономическую эффективность производства [2].

Для обогащения, улучшения органолептических характеристик и/или реологических показателей при изготовлении формованных рыбных изделий используют различные добавки: сухое молоко, яичный порошок, икру рыб, морскую капусту, овощи (перец сладкий красный, тыкву, морковь, лук, белокочанную капусту), грибы, крахмал, муку, манную крупу, пшеничные сухари, пряности, вкусо-ароматические и другие добавки [1, 3– 6].

Нами предложено при производстве рыбных формованных изделий использовать в качестве обогащающих добавок порошки брусники обыкновенной (*Vaccinium vitisidaea*), рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia*), шикши черной (*Empetrum nigrum L.*).

Как известно, данные дикоросы, кроме витаминов, минеральных и биологически активных веществ, содержат также вещества, проявляющие бактерицидные свойства. Таким образом, можно предположить, что их применение в технологии формованных рыбных изделий позволит

не только улучшить органолептические характеристики продукции и обогатить изделия, но и продлить срок их годности.

Формованные рыбные изделия готовили по рецептурам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Рецептуры исследуемых образцов формованных рыбных изделий

Наименование компонента	Расход			
	Контрольный образец	Образец с содержанием шикши и брусники 3% - 1 : 1	Образец с содержанием шикши, рябины и брусники 4,5% - 1 : 1 : 1	Образец с содержанием рябины и брусники 6% - 1 : 1
Основное сырье, кг на 100 кг				
Фарш рыбный:	75,0	60,0	60,0	60,0
филе горбуши с кожей вареное	30,0	30,0	30,0	30,0
филе минтая с кожей вареное	35,0	30,0	30,0	30,0
Масло сливочное	15,0	15,0	15,0	15,0
<b>Рыбный гель</b>	–	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>
Рыбный бульон	15,0	15,0	15,0	15,0
<i>Итого</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Приправы и материалы, кг на 100 кг основного сырья				
Соль	1,5	1,5	1,5	1,5
Смесь сушеных молотых приправ (перец черный, паприка, кориандр, кардамон, чеснок)	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Порошок шикши</b>	–	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	–
<b>Порошок брусники</b>	–	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
<b>Порошок рябины</b>	–	–	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>

Основное сырье измельчали с помощью блендера, затем перемешивали с добавками до получения однородной массы. Из полученной смеси формовали изделия путем наполнения оболочки «Лексалон». Концы сформованных изделий перевязывали шпагатом, подвергали осадке в течение 1 часа, после чего помещали в кипящую воду на 2 минуты, затем охлаждали в холодной часто сменяемой воде до температуры в толще продукта не выше 18°C, после чего помещали в бытовой холодильник с температурой в камере (4 ± 2°)С. С момента достижения в толще образца температуры 4°C вели отсчет срока годности. Хранили образцы при температуре (4 ± 2°)С.

В процессе хранения исследовали органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готовой продукции.

По результатам органолептической оценки образцов в процессе хранения выявлено, что в контрольном образце положительные органолептические характеристики сохранялись на протяжении 68 часов, у экспериментальных образцов с шикшей и брусникой – 92 часа, у образцов с шикшей, брусникой и рябиной – 96 часов, у образцов с брусникой и рябиной – 98 часов. По истечении этого времени у образцов паштета появлялись признаки порчи – запах окислившегося жира и кисловатый привкус. Таким образом, у образцов с добавлением дикоросов органолептические показатели оставались в норме в течение 4 суток.

При исследовании физико-химических показателей определяли содержание азота летучих оснований (АЛО), перекисное и кислотное числа жира. Накопление АЛО, увеличение значений перекисного и кислотного чисел характеризует изменения белков и липидов при хранении продукта. Определения проводили, руководствуясь ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [7].

Изменение физико-химических показателей образцов паштетов в процессе их хранения представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что увеличение значений перекисного и кислотного чисел жира в процессе хранения было менее выражено в экспериментальных образцах по сравнению с контрольным, что свидетельствует о проявлении антиокислительного действия добавок в виде порошков дикоросов.

В контрольном образце рост значения АЛО происходил быстрее по сравнению с экспериментальными. Следовательно, распад белковых веществ в экспериментальных образцах при их хранении происходил менее интенсивно.

Изменение физико-химических показателей образцов паштетов в процессе их хранения

Наименование образца	Продолжительность хранения, часов	Изменение АЛО, мг%	Изменение перекисного числа, % $J_2$ на 1 г жира	Изменение кислотного числа жира, мг КОН на 1 г
Контрольный образец	0	17,2	0,0063	1,3
	12	17,5	0,0071	1,9
	24	17,8	0,0086	3,8
	36	19,7	0,0112	5,3
	48	21,4	0,0164	7,2
	60	24,2	0,0227	9,4
	72	28,3	0,0331	10,8
	84	33,1	0,0454	12,9
Образец с содержанием шикши и брусники 3% - 1 : 1	0	17,1	0,0063	1,3
	12	17,2	0,0068	1,5
	24	17,5	0,0074	1,9
	36	17,9	0,0087	2,4
	48	18,4	0,0102	3,6
	60	18,8	0,0117	4,9
	72	20,1	0,0159	6,2
	84	21,4	0,0201	7,6
Образец с содержанием шикши, рябины и брусники 4,5% - 1 : 1 : 1	0	17,1	0,0063	1,3
	12	17,1	0,0067	1,4
	24	17,4	0,0072	1,7
	36	17,7	0,0086	2,2
	48	18,1	0,0097	3,3
	60	18,5	0,0115	4,5
	72	19,7	0,0157	6,1
	84	20,9	0,0198	7,4
Образец с содержанием рябины и брусники 6% - 1 : 1	0	17,0	0,0063	1,3
	12	17,1	0,0067	1,4
	24	17,2	0,0071	1,8
	36	17,5	0,0083	2,1
	48	17,8	0,0092	3,2
	60	18,1	0,0112	4,5
	72	19,5	0,0154	6,0
	84	20,7	0,0195	7,2
	96	22,3	0,0248	7,8

Таким образом, исследования физико-химических показателей образцов паштетов в процессе их хранения показали, что добавки в виде порошков брусники, шикши и рябины сдерживают процессы распада белков и окисления липидов благодаря ингибирующим и антиокислительным свойствам дикоросов, что обеспечивает большую устойчивость при хранении.

Для контрольного и экспериментальных образцов исследовали микробиологические показатели – изменения КМАФАнМ, значение которого для фаршевых изделий, в соответствии с ТР ТС 021/2011 [8] и ТР ЕАЭС 040/2016 [9], не должно превышать  $1 \times 10^4$  КОЕ/г; бактерий группы кишечной палочки (КОЕ), наличие которых не допускается в 1 г продукта.

Бактерии группы кишечной палочки в образцах не были обнаружены на протяжении всего периода испытаний. Результаты определения КМАФАнМ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение КМАФАнМ в образцах паштетов в процессе их хранения, КОЕ/г

Наименование образца	Продолжительность хранения, часов				
	0	24	48	72	96
Контрольный образец	$1,6 \times 10^2$	$9,4 \times 10^2$	$7,3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4$	-
Образец с содержанием шикши и брусники 3% - 1 : 1	$1,6 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$3,8 \times 10^3$	$8,3 \times 10^3$	$1,4 \times 10^4$

Наименование образца	Продолжительность хранения, часов				
	0	24	48	72	96
Образец с содержанием шикши, рябины и брусники 4,5% – 1 : 1 : 1	$1,6 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$3,4 \times 10^3$	$7,9 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$
Образец с содержанием рябины и брусники 6% – 1 : 1	$1,6 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$3,2 \times 10^3$	$7,6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$

Как видно из табл. 3, у контрольного образца общая обсемененность превысила допустимые значения спустя 72 ч хранения, в то время как у экспериментальных образцов – спустя 96 ч.

В соответствии с МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [10], коэффициент резерва для данной продукции составляет 1,2.

На основании исследований органолептических, физико-химических и микробиологических показателей с учетом коэффициента резерва установлены следующие сроки годности при температуре хранения ( $4 \pm 2$ )°C: для паштетов без добавок – 48 ч; для паштетов с растительными добавками – 72 ч.

Таким образом, добавление дикоросов в паштеты позволяет продлить их срок годности.

### Литература

1. Борисочкина Л.И., Гудович А.В. Производство рыбных кулинарных изделий. Технология и оборудование. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
2. Студенцова Н.А., Криницкая Н.В. Разработка технологии рыборастворительных продуктов для школьного питания // Рыбное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 60–61.
3. Бойцова Т.М., Прокопец Ж.Г. Моделирование сбалансированных продуктов на основе рыбного фарша // Известия ТИНРО. – 1999. – Т. 125. – С. 1–8.
4. Борисочкина Л.И., Гудович А.В. Производство рыбных кулинарных изделий и полуфабрикатов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.
5. Доценко С.М., Скрипко О.В. Кулинарные изделия на основе рыбного комбинированного фарша // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 1. – С. 63–66.
6. Колодяжная В.С., Царев Д.В. Новые комбинированные продукты питания на основе рыбы и нетрадиционных овощных культур // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана: Междунар. науч. конф. – Владивосток, 1999. – Т. 2. – С. 39–40.
7. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа: ГОСТ 7636-85. – М.: Стандартинформ, 2010. – 124 с.
8. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 021/2011): [утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 г. № 880]. – // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 28.02.2023).
9. О безопасности рыбы и рыбной продукции: Технический регламент Евразийского экономического союза (ТР ЕАЭС 040/2016): [Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 года № 162] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420394425> (дата обращения: 28.02.2023).
10. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: МУК 4.2.1847. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

УДК 597.555.5:338.439.62

**А.П. Лутова, В.М. Мустафаева**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: veronika\_mus@list.ru*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ МИНТАЯ НА ПИЩЕВОМ РЫНКЕ**

В статье обоснована востребованность минтая на пищевом рынке на примере рынка Кореи. Приведены обзор и теоретический анализ химического состава тканей минтая, направления использования минтая как источника ценных нутриентов.

**Ключевые слова:** минтай, пищевая промышленность, химический состав, белки, жиры, сурими, Корея.

**A.P. Lutova, V.M. Mustafayeva**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;  
e-mail: veronika\_mus@list.ru*

## **GROUNDS FOR THE POLLOCK DEMAND IN THE FOOD MARKET**

The article substantiates the demand for pollock in the food market using the example of the Korea market. A review and theoretical analysis of the chemical composition of pollock tissues, directions for using pollock as a source of valuable nutrients are given.

**Key words:** pollock, food industry, chemical composition, proteins, fats, surimi, Korea.

За последние несколько десятилетий среди населения Республики Корея твердо закрепился культ красоты, который подразумевает то, что красивый человек так или иначе станет успешным. Следование такому пониманию связи красоты и успешности проявляется в самых разных сферах жизни. Красивый человек является всеобщим идеалом, а также в некоторых случаях он получает снисхождение со стороны общества.

В связи с этим практически каждый человек, в том числе и тот, кому не посчастливилось (по его мнению) родиться красивым, стремится стать таковым, прибегая к услугам фитнес-тренеров, косметологов, диетологов и пластических хирургов.

Однако, несмотря на подобное стремление многих представителей общества, в Корее также присутствует культ еды. Корейская кухня преисполнена обилием вкусных высококалорийных блюд, а ресторанный бизнес находится на одной из ведущих позиций в сфере частного бизнеса. В итоге среднестатистический житель Республики Корея постоянно вынужден выбирать между двумя крайностями – питанием и идеалом.

Подобное общественное явление распространено не только в Корее. Во всем мире в большей или меньшей мере можно проследить схожие тенденции. Миллионы людей, подгоняющие себя под установленные обществом стандарты, в условиях «процветания» нездоровой еды на торговых прилавках, едва ли осознают, что их чрезмерные старания по большей части окажутся безрезультатны.

Тем не менее мы считаем, что расширение направлений применения мышечной ткани минтая в пищевой промышленности может стать одним из способов решения данной проблемы.

В настоящее время минтай (*Gadus chalcogramma*) ценится во многих странах, и ассортимент продукции из него значителен. Вылов минтая стабильно высок в последние годы и только набирает рост, по сравнению с объемами добычи рыбы других видов, следовательно, переработка минтая играет важную роль на пищевом рынке. В настоящий момент переработка минтая выражается в основном в производстве филе, фарша, копченой и сушеной продукции, кормовой



муки, белковых концентратов. Спрос на эти виды продукции обусловлен низкой энергетической ценностью при богатом химическом составе тканей данной рыбы.

*Целью настоящей работы* является обоснование востребованности минтая на пищевом рынке на примере Республики Корея.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- провести теоретический анализ химического состава минтая;
- обосновать востребованность минтая;
- привести примеры реализации минтая в отраслях промышленности.

Для решения поставленных задач использовали разные информационные источники, находящиеся в открытом доступе в сети Интернет. В качестве методов научного познания применяли методы теоретического исследования.

По результатам анализа информационных источников сделан вывод о том, что мясо минтая содержит компоненты, присущие всем видам сырья животного происхождения – белки, липиды, витамины, минеральные вещества. Вместе с этим, мясо минтая по содержанию микро- и макроэлементов, водо- и жирорастворимых витаминов практически полностью восполняет потребности человеческого организма [1, с. 113].

Белки мяса минтая являются полноценными. Это подтверждено результатами исследования многих авторов и отражено в справочных таблицах [2, с. 186]: данные свидетельствуют о наличии в составе мяса минтая незаменимых и заменимых аминокислот.

Минтай относится к маложирным рыбам, так как содержание липидов в его мясе составляет менее 2%. Вместе с этим наличие биологически активных  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот, а, именно, докозагексаеновой кислоты, известной как доброкачественный холестерин, линолевой и линоленовой кислот характеризуют липиды мышечной ткани минтая как ценный пищевой компонент [3, с.116].

Значительное количество жира у минтая концентрируется в печени [4, с. 184]. Высокая биологическая ценность печеночного жира минтая обусловлена наличием в составе ее липидов линолевой ( $\omega$ -6) и линоленовой ( $\omega$ -3) кислот, а также содержанием в ней большого количества ретинола (витамина А).

В 100 г печени находится примерно 4 400 мкг ретинола, 26,4 г воды, 6 г белков, 50 г жиров. Печень минтая содержит ферменты, участвующие в переваривании и всасывании белков, липидов, углеводов, жиро- и водорастворимых витаминов [5, с. 316].

На основании приведенных выше данных можно сделать вывод о причинах востребованности минтая на пищевом рынке:

– минтай содержит мононенасыщенные жирные кислоты, такие как линоленовая C18:3 и линолевая C18:2;

– линоленовая C18:3 кислота способствует естественному снижению веса с одновременным увеличением мышечной массы, снижению уровня холестерина и липидов, укреплению сердечно-сосудистой системы и иммунитета;

– линолевая C18:2 кислота предотвращает сердечно-сосудистые патологии и рост раковых клеток, поддерживает процессы кроветворения, препятствует раннему старению, устраняет риск развития эндокринных патологий, стимулирует активность головного мозга, улучшает состояние кожи, волос;

– минтай насыщен витаминами группы В, А, Е, витаминами РР, С, минералами и сложными соединениями, которые укрепляют иммунитет, нормализуют работу желудочно-кишечного тракта, предотвращают разрушение костей и зубной эмали, стимулируют восстановление поврежденных тканей.

Подводя итог всему вышеизложенному, можно утверждать, что минтай является нежирной рыбой, способной стать не только основным источником белка при целенаправленном снижении массы тела человека, но и может служить катализатором метаболизма, что в условиях культа красоты, несомненно, имеет исключительно положительный характер. При этом минтай также является достойным сырьем для приготовления вкусных низкокалорийных блюд, и даже используется в косметологии.

Минтай особо ценится в Корее, ассортимент товаров из него достаточно разнообразен как в пищевой промышленности, так и в косметической индустрии.

Пищевая продукция, производимая из минтая в Корею, включает мороженое филе, икорные продукты, пасту камабоко, колбасы и ветчины, копченую и сушеную продукцию, ферментированный соус, консервы, фарш сурими, широко применяемый в настоящее время в пищевой отрасли многих стран.

Фарш сурими – это продукт, получаемый из преимущественно маложирной рыбы, путем многоступенчатой и многократной промывки рыбного фарша с целью удаления из него жира, крови и растворимых белков [6]. Сурими применяется для производства аналога мяса морепродуктов, например, креветки, омара, краба, морского гребешка и других беспозвоночных.

В последние несколько десятилетий в Республике Корея были разработаны косметические средства на основе мяса и жира минтая. Несомненным плюсом данной продукции является натуральность, а регулярное ее применение помогает значительно замедлить образование у потребителя дряблостей и неровностей кожи. Кремы, маски, бальзамы, пудры, производимые с использованием минтая, обладают защитными, противовоспалительными и регенерирующими свойствами. Технология косметической продукции не только с минтаем, но и с любыми другими биологически активными добавками, является однотипной и заключается в основном в добавлении к стандартным смесям биологический активного препарата.

Так, например, технология производства сухой маски с минтаем состоит в следующем [7]: альгинат натрия и измельченный препарат из минтая смешивают с водой. Полученную смесь наносят на текстильный материал и высушивают на воздухе. Для использования маску необходимо просто смочить водой и наложить на лицо стороной с нанесенным слоем смеси.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование минтая в Республике Корея представляет собой рациональную и комплексную переработку данного вида сырья с ценным химическим составом. Востребованность и актуальность присутствия минтая на корейском рынке выражается в стабильно высоком спросе на продукцию, расширении ассортимента, максимальном сохранении ценных компонентов сырья.

### Литература

1. *Богданов В.Д., Карпенко В.И., Норинев Е.Г.* Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. – Петропавловск-Камчатский, 2005. – 264 с.
2. *Голубев В.Н., Кутина О.И.* Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 408 с.
3. *Скурихин И.М.* Химический состав пищевых продуктов, книга 2: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 349 с.
4. *Кизеветтер И.В.* Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. – Владивосток: Дальиздат, 1971. – 298 с.
5. *Кизеветтер И.В.* Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 422 с.
6. *Белецкий А.А.* Анализ мирового рынка сурими, а также ресурсные ограничения производства в России [Электронный ресурс] // Экономика промышленности. – 2019. – 12(1). – С. 10–119. – URL: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-107-119> (дата обращения: 24.02.2023).
7. *Савилова Л.Б., Олтаржеская Н.Д.* Способ получения косметических масок [Электронный ресурс] // findpatent.ru. – URL: <https://findpatent.ru/patent/212/2120793.html> (дата обращения: 24.02.2023).

УДК 664.959.5

О.Я. Мезенова<sup>1</sup>, С.В. Агафонова<sup>1</sup>, Н.Ю. Романенко<sup>1</sup>, В.В. Волков<sup>1</sup>,  
Н.С. Калинина<sup>1</sup>, Д.С. Пьянов<sup>2</sup>, Е.Г. Киселев<sup>3</sup>, Н.О. Жила<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022;

<sup>2</sup> Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО),  
Калининград, 236000;

<sup>3</sup> Сибирский федеральный университет,  
Красноярск, 660041  
e-mail: mezenova@klgtu.ru

## ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КОРМОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Обоснована комплексная технология переработки вторичного рыбного сырья с получением протеиновых добавок и жира. Протеиновые добавки использованы в составе кормов для рыбоводства, а жир апробирован в качестве углеродного источника для микробного синтеза биоразлагаемого полимера. Протеиновые добавки получают высокотемпературным гидролизом рыбных тканей с последующим фракционированием и сушкой, при этом выделяется жир, который собирают и используют. При такой обработке получают водорастворимую низкомолекулярную пептидную добавку с содержанием протеина более 80% и водонерастворимую белково-минеральную добавку с содержанием протеина более 50% и минеральных веществ более 20%. Эти добавки, изготовленные из голов копченой кильки, успешно апробированы в составе комбикормов при выращивании молоди сиговых. Эксперименты по использованию рыбного жира из вторичного рыбного сырья показали его перспективность. Жир из рыбных отходов служил эффективным единственным источником углерода для синтеза штаммом *Cupriavidus necator* B-10646 биополимеров типа полигидроксиканоатов.

**Ключевые слова:** вторичное рыбное сырье, гидролиз, рыбоводство, протеиновые добавки, биополимеры.

O.Ya. Mezenova<sup>1</sup>, S.V. Agafonova<sup>1</sup>, N.Yu. Romanenko<sup>1</sup>, V.V. Volkov<sup>1</sup>,  
N.S. Kalinina<sup>1</sup>, D.S. Pryanov<sup>2</sup>, E.G. Kiselev<sup>3</sup>, N.O. Zhila<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022;

<sup>2</sup> Atlantic branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO),  
Kaliningrad, 236000;

<sup>3</sup> Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, 660041  
e-mail: mezenova@klgtu.ru

## PROCESSING OF SECONDARY FISH RAW MATERIALS FOR FORAGE AND TECHNICAL PURPOSES

A complex technology for processing secondary fish raw materials with the production of protein supplements and fat is substantiated. Protein additives have been used in the composition of feed for fish farming, and fat has been tested as a carbon source for microbial synthesis of a biodegradable polymer. Protein supplements are obtained by high-temperature hydrolysis of fish tissues, followed by fractionation and drying, while separating fat, which is collected and used. With this treatment, a water-soluble low molecular weight peptide supplement with a protein content of more than 80% and a water-insoluble protein-mineral supplement with a protein content of more than 50% and minerals of more than 20% are obtained. These additives, made from the heads of smoked sprat, have been successfully tested in the composition of compound feeds when growing juvenile whitefish. Experiments on the use of fish oil from secondary fish raw materials have shown its potential. Fat from fish waste served as an effective sole carbon source for the synthesis of polyhydroxyalkanoate-type biopolymers by *Cupriavidus necator* strain B-10646.

**Key words:** secondary fish raw materials, hydrolysis, fish farming, protein supplements, biopolymers.

В Калининградской области в настоящее время производится около 70% всех отечественных рыбных консервов, при этом в процессе обработки образуется около 50% от массы сырья отходов, которые практически не используются. На рыбоперерабатывающих предприятиях области сегодня нет рыбомучных отделений и соответствующего оборудования. Важно, что в регионе начинает развиваться индустриальная аквакультура (преимущественно лососевые, форель), при этом корма до недавнего времени поступали в основном по импорту. Следует принять во внимание, что с 2020 г. в регионе реализуется программа зарыбления мальками сиговых Куршского и Калининградского заливов Балтийского моря, что связано с резким сокращением их популяции. Для этих целей предприятия по выращиванию лососевых и сиговых нуждаются в качественных кормах, содержащих качественный белок рыбного происхождения. При производстве кормов для данных видов основным компонентом является рыбная мука, дефицит которой сегодня налицо в регионе, или ее аналог, содержащий усвояемые рыбные компоненты.

На кафедре пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета (КГТУ) разработана технология комплексной переработки рыбных отходов с применением высокотемпературного гидролиза, в соответствии с которой из данного сырья безотходно получают три вида биодобавок – низкомолекулярную водорастворимую пептидно-протеиновую, водонерастворимую высокомолекулярную белково-минеральную и жировую добавки. Первые две добавки отличаются высоким содержанием протеина (соответственно более 80 и 50%), а жировая добавка кроме липидов содержит примеси (воду, белки и др.) и часто имеет признаки гидролитической и окислительной порчи (повышенные значения кислотного и перекисного чисел жира), что свидетельствует о ее потенциальной токсичности [1–3].

Актуальным является вместо рыбной муки в состав комбикормов для рыб вводить получаемые по новой технологии протеинсодержащие добавки, а жировую композицию использовать в качестве источника углерода для микробного синтеза биоразлагаемых полимеров типа полигидроксиалканоатов (ПГА). Данные направления востребованы в связи с кормовыми проблемами в рыбоводстве, а также в связи с повышенной загрязненностью окружающей среды неразлагаемыми полимерами, получаемыми из углеводов химическим путем (полиэтиленом, полипропиленом и др.). В связи с быстрой окисляемостью рыбных жиров рационально получать из них микробным синтезом биоразлагаемые полимерные материалы типа ПГА с заданными свойствами, используя жир из рыбных отходов в качестве источника углерода. ПГА зарекомендовали свои высокие технологические свойства, позволяющие использовать их в составе упаковки, бытовых предметов и в других сферах [4, 5].

*Целью настоящих исследований* являлось обоснование комплексной переработки рыбных отходов консервных производств для получения протеинсодержащих добавок, предназначенных для рыбоводства лососевых, а также жировых композиций, пригодных в качестве углеродного источника для микробного синтеза биополимеров типа ПГА.

*Методики исследования.* Рыбные отходы были предоставлены рыбоконсервными предприятиями ООО «Роскон» и СПК «Рыболовецкий колхоз «За Родину». Комплексную переработку вели на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ в термореакторе при температуре гидролиза 130°C в течение 1 ч при давлении 0,15–0,20 МПа с последующим разделением фракций центрифугированием и сушкой протеиновых композиций. При оценке качества биодобавок использовали традиционные органолептические, физико-химические методы. Биологические испытания по аквакультуре проводили на опытной станции АтлантНИРО с использованием традиционных кормовых методик. Исследования по микробному синтезу ПГА проводили в Сибирском федеральном университете с применением штамма *Cupriavidus necator* В-10646. Бактерии выращивали в жидкой питательной среде – минеральной среде Шлегеля, состоящей из  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 9,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 1,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 0,2;  $\text{Fe}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,025,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,5–1 (г/л). В качестве источника углерода использовали три типа жировых отходов, полученных из голов копченой кильки, из голов и хребтов скумбрии и из некондиционной кильки.

В ходе исследований и обобщения полученных результатов на многочисленных объектах рыбных отходов консервного производства (головы, хребты, чешуя), в том числе шпротных отходов (головы копченой кильки), была разработана схема комплексной переработки побочного рыбного сырья. В итоге получают безотходно три биодобавки пептидно-протеинового, белково-минерального и жирового состава. Сущность технологии заключается в высокотемператур-

ной обработке измельченного рыбного сырья в водной среде под давлением, что приводит к образованию рыбоводной суспензии, экстракции в водную среду низкомолекулярных водорастворимых пептидов и белков, разделении суспензии центрифугированием на три фракции (жировую, водную и осадочную) с последующей сушкой водной и осадочной фракций. В результате из рыбных отходов без химического воздействия и безотходно образуются три органические фракции – пептидно-протеиновая, белково-минеральная и жировая с массовым выходом соответственно 4,1–5,3%, 27,5–31,2% и 2,3–4,6% (в зависимости от вида отходов).

Потенциал протеинсодержащих биодобавок оценивали по их общему химическому составу и аминокислотному составу белков. Установлено, что пептидно-протеиновая добавка представляет собой концентрат гидролизованных белков (80,1–85,7%), которые потенциально являются высоко усвояемыми и биологически активными компонентами, участвующими в пластических, энергетических, антиоксидантных эффектах организма. Белково-минеральная добавка отличается высоким содержанием белков (51,4–56,5%), в ней также много минеральных веществ (24,0–27,3%) и жира (12,5–18,1%). Это позволяет считать протеинсодержащие биодобавки рациональными для введения в состав комбикормов для аквакультуры лососевых.

Исследованиями биодобавок, полученных из голов копченой кильки, установлено, что они отличаются друг от друга по аминокислотному составу белков. Пептидная добавка содержит все незаменимые аминокислоты, в то время как в белково-минеральной добавке отсутствуют пять незаменимых аминокислот (изолейцин, метионин, фенилаланин, триптофан и треонин) [7]. Характерно, что в обеих добавках достаточно много лизина, аланина, гистидина и таурина, важных для питания рыб. В белково-минеральной добавке установлено рациональное для кормов лососевых соотношение между кальцием и фосфором 2,01 : 1 (рекомендуемое 2 : 1). Полученные данные позволяют использовать пептидную и белково-минеральную добавки, полученные из голов копченой кильки, в качестве компонентов комбикормов для рыбоводства сиговых взамен рыбной муки.

В биологических испытаниях, проведенных на рыбоводной базе АтлантНИРО, использовали рекомендуемую ФАО рецептуру для сига и радужной форели. В контрольном корме (КК) в качестве основного источника белка использовали рыбную муку, тогда как в первом экспериментальном корме (ЭК5) 5% рыбной муки было заменено пептидной добавкой, а во втором экспериментальном корме (ЭК10) 10% рыбной муки было заменено на белково-минеральную добавку. Обе добавки были получены из шпротных отходов.

Эксперименты по кормлению мальков сига проводили в течение 56 суток в экспериментальной замкнутой системе аквакультуры на Куршской косе. В качестве биологического объекта использовали молодь сига массой 1 и 3 г соответственно, выращенную на месте из икры диких производителей, выловленных в Куршском заливе.

В обоих экспериментах 3 000 мальков сига были случайным образом разделены на три группы по 500 особей в шести прямоугольных аквариумах из стекловолокна емкостью 500 л. В течение 56 суток рыб содержали при 24-часовом световом режиме, кормили вручную три раза в день с нормой кормления 3% от общей биомассы.

Результаты показали, что у рыб в экспериментальной группе (ЭК5 и ЭК10) наблюдается более высокая скорость роста (1,25–1,33) и более низкие значения кормового коэффициента (1,15–1,61). Причиной этого, вероятно, служит более сбалансированный аминокислотный состав в протеиновой части корма, высокое содержание протеина и минеральных компонентов. Установлено положительное влияние добавок на морфофизиологические показатели молоди сига (индексы сердца, селезенки) и показатели крови в гистологических исследованиях. Установлено положительное влияние низкомолекулярной пептидно-протеиновой добавки на организм рыб из экспериментальной группы (ЭК5), в частности повышенная концентрация в крови гемоглобина, показатели СГЭ и ЦП, меньший уровень оксифильных нормобластов. Это свидетельствует об активных обменных процессах, происходящих в организме этих рыб, и о более высокой обеспеченности их тканей кислородом. Полученные результаты представляют научный и практический интерес, так как позволяют использовать рыбные отходы, в том числе копченые, в рыбоводных целях для изготовления дефицитных кормов в аквакультуре [7–9].

В экспериментах по микробному синтезу биоразлагаемых полимеров полигидроксиалканоев (ПГА) в качестве единственного углеродного субстрата для роста природного штамма бактерий *Cupriavidus necator* В-10646 исследованы три жиросодержащие композиции, выделенные

из рыбных отходов: жир из шпротных голов кильки (килечный копченый), жир из голов и хребтов скумбрии (скумбриевый), жир из некондиционной кильки (килечный).

Установленный жирнокислотный состав липидов показал, что во всех образцах доминирующими жирными кислотами являются пальмитиновая, олеиновая, докозагексаеновая (25–34%), а также эйкозапентаеновая (21–24%); содержание других жирных кислот было незначительным, на уровне 0,1–4,0% массы жира.

На первом этапе исследований выполнена оценка роста микроорганизмов *C. necator* B-10646 на средах с содержанием жиров рыб 10 г/л. Во всех вариантах отмечается рост культуры, но наибольший показатель зафиксирован на копченом жире, что можно объяснить повышенным количеством омега-3 ПНЖК, не окисленных за счет наличия фенолов-антиоксидантов, попавших в жир рыб при копчении.

При исследовании влияния концентрации жира в диапазоне 10–40 г/л на рост микроорганизмов и накопление ПГА в течение 48 ч установлены различные эффекты. Рост бактерий на среде с жиром из свежей кильки практически отсутствовал. Биомасса не превышала 1 г/л, и содержание полимера в клетках также было невысоким – 15–20% сухой биомассы. При использовании жира скумбрии данные показатели были несколько выше в начале и конце эксперимента (концентрация биомассы 1,9 и 2,2 г/л при концентрациях в субстрате соответственно 10 и 15 г/л). В исследованиях со шпротным жиром установлены самые высокие показатели накопления биомассы (4,3–4,7 г/л) при концентрациях жира 15–25 г/л, при этом достигалось максимальное содержание полимера в клетках (60–62% от сухой биомассы). Установлено, что все представленные субстраты подходят для роста бактерий и синтеза ПГА при диапазоне оптимальных концентраций в субстратах для всех жиров 15–25 г/л.

Поведенные эксперименты по микробному синтезу свидетельствуют о возможности использования жировых отходов, получаемых из вторичного рыбного сырья методом термогидролиза, в качестве С-субстрата для получения биоразрушаемых полимеров типа ПГА.

В результате исследований установлена рациональность комплексной переработки рыбных отходов методом высокотемпературного гидролиза с получением трех видов органических биодобавок – пептидно-протеиновой, протеино-минеральной и жировой.

Положительно апробировано использование протеинсодержащих добавок в составе комбикормов при выращивании мальков сиговых в индустриальной аквакультуре.

Установлена рациональность использования жировых фракций из рыбных отходов в качестве единственного углеродного источника для микробного синтеза биоразрушаемого пластика класса полигидроксиалканоатов.

## Литература

1. Мезенова О.Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств // Известия вузов. Пищевая технология. – 2019. – № 2-3. – С. 68–71.
2. Способ получения пищевых добавок из вторичного копченого рыбного сырья: Патент 2681352 Рос. Федерации / О.Я. Мезенова, Л.С. Байдалинова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Мезенова, Л.В. Городниченко, Н.С. Калинина, В.В. Волков, Т. Гримм, А. Хёлинг; заявл. 22.01.20, опубл. 22.07.20. Бюл. № 21. – 12 с.
3. Мезенова О.Я. и др. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении протеинов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – Т. 8, № 4. – 2018. – С. 83–94.
4. Черняев Ж.А. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. – 329 с.
5. Popa M.S., Frone A.N., Panaitescu D.M. Polyhydroxybutyrate blends: A solution for biodegradable packaging // International Journal of Biological Macromolecules. – 2022. – № 207. – P. 263–277.
6. Volova T., Sapozhnikova K., Zhila N. Cupriavidus necator B-10646 growth and polyhydroxyalkanoates production on different plant oils // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – № 164. – P. 121–130.

7. Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья / *О.Я. Мезенова, Д.С. Пьянов, С.В. Агафонова, Н.Ю. Мезенова, В.В. Волков* // *Рыбное хозяйство*. – 2021. – № 4. – С. 81–88.

8. Применение продуктов гидролиза шпротных отходов при кормлении европейского сига в аквакультуре / *О.Я. Мезенова, Д.С. Пьянов, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, В.В. Волков, Н.С. Калинина* // *Рыбное хозяйство*. – 2022. – № 3. – С. 54–61.

9. Оценка питательной ценности комбикормов для лососевых с добавлением продуктов гидролиза шпротных отходов / *О.Я. Мезенова, Д.С. Пьянов, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, В.В. Волков, Н.С. Калинина, Т. Мерзель* // *Известия КГТУ*. – 2022. – № 67. – С. 33–47.

УДК 664.951.3

**Н.В. Самбурская, О.Я. Мезенова**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: nadyasamburskaya@outlook.com*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗДЫМНОГО ГОРЯЧЕГО КОПЧЕНИЯ РЫБЫ В ВОДОРΟΣЛЕВОМ БИОГЕЛЕ**

Предложена технология изготовления трески горячего копчения с применением коптильно-водорослевого биогеля на основе коптильного препарата «Жидкий дым» и экстракта красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*. Проведена органолептическая оценка качества копченой рыбной продукции по действующему стандарту и пятибалльной шкале. Физико-химическими методами определено содержание тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов. Путем сравнения экспериментальных данных с нормативными показателями безопасности копченой рыбы показана токсико-гигиеническая безопасность продукции бездымного копчения. Технология может считаться экологически безопасной, поскольку применение гелеобразной коптильной среды исключает выбросы в атмосферу.

**Ключевые слова:** горячее копчение, бездымное копчение, коптильный препарат, коптильный биогель, *Furcellaria lumbricalis*, тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирен.

**N.V. Samburskaya, O.Y. Mezenova**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: nadyasamburskaya@outlook.com*

### **ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY OF SMOKE FREE HOT SMOKING OF FISH IN ALGAE BIOGEL**

A technology for the production of hot-smoked cod using a smoke-algae biogel based on the liquid smoke preparation and an extract of the red alga *Furcellaria lumbricalis* is proposed. An organoleptic assessment of the quality of smoked fish products was carried out according to the current standard and a five-point scale. Physical and chemical methods determined the content of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons. By comparing the experimental data with the normative indicators of the safety of smoked fish, the toxic and hygienic safety of smokeless smoked products was shown. The technology can be considered environmentally friendly, since the use of a gel-like smoking medium eliminates emissions into the atmosphere.

**Key words:** hot smoking, smokeless smoking, smoke preparation, smoke biogel, *Furcellaria lumbricalis*, heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzapyrene.

Технологии копченой рыбы находятся в постоянном совершенствовании. Среди потребителей данной продукции растет востребованность в экологически безопасных продуктах, которым копченая рыба традиционного дымового копчения не соответствует по определению, как содержащая высокомолекулярные продукты пиролиза древесины – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Бездымное копчение становится практически единственной возможностью создания продукта с заданным химическим составом, без канцерогенных веществ, поскольку при переводе дыма в раствор ПАУ не растворяются в воде. При этом коптильная среда подлежит гигиеническому контролю на содержание вредных веществ [1]. Кроме того, бездымное копчение позволяет создавать продукцию с разнообразными оттенками запаха и вкуса при внесении в коптильную среду натуральных композиций с большим спектром вкусоароматических свойств.



Представляется актуальным и рациональным создание новой коптильной среды с улучшенными органолептическими и технологическими свойствами при синергическом соединении потенциалов безопасных по содержанию токсикантов коптильного препарата и экстракта красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis*. В результате такого соединения образуется биогель коричневого цвета с ароматом копчености и повышенными структурно-адгезионными свойствами, позволяющими сформировать на поверхности рыбы биопленку с дополнительными барьерным и функциональным эффектами [2].

Достоинствами бездымного копчения являются обеспечение контроля над содержанием основных канцерогенных веществ путем их анализа в коптильной жидкости и высокая экологическая безопасность за счет практического отсутствия выбросов в атмосферу коптильных веществ. Как правило, коптильный препарат наносится на рыбу тонким диспергированием или обработкой в парообразном состоянии, что минимизирует выбросы в атмосферу. Однако из-за высокой летучести коптильных аэрозолей выбросы все равно присутствуют. Полностью ликвидировать их можно путем применения бездымной коптильной среды в гелеобразном состоянии с максимальными адгезионными свойствами и минимальной летучестью коптильных веществ.

Такая технология возможна при введении в коптильные жидкости водных экстрактов красных водорослей, обладающих вязко-коллоидной структурой за счет наличия полисахаридов каррагинанов. При этом имеет место образование коптильно-водорослевого биогеля со специфическими показателями. Для обоснования технологии горячего копчения рыбы с применением такой композиции необходимо обеспечить у нее заданные свойства, в том числе способность выдерживать высокую температуру, придавать продукту традиционные цвет и аромат, высушить без деградации целостности, а также быть безопасной по содержанию ПАУ и тяжелых металлов, которые могут содержаться в экстрактах морских растений.

Целью работы являлось обоснование безопасной технологии бездымного горячего копчения рыбы с традиционными органолептическими показателями путем применения коптильного препарата в форме биогеля, полученного путем композиционного соединения отечественного коптильного ароматизатора «Жидкий дым» с экстрактом красной морской водоросли *Furcellaria lumbricalis*.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- обосновать технологический процесс экологически безопасного производства рыбы горячего бездымного копчения с применением коптильно-водорослевого биогеля;
- оценить органолептические показатели готового рыбного продукта по пятибалльной шкале качества;
- определить содержание тяжелых металлов в водорослях и готовой рыбе горячего копчения;
- определить содержание бенз(а)пирена в коптильном препарате и готовом копченом продукте.

Для исследования применяли мороженую треску, отвечающую требованиям ГОСТ 32366-2013 «Рыба мороженая». Органолептические показатели качества рыбы горячего копчения оценивали по ГОСТ 7447-2015. Коптильный препарат «Жидкий дым» отвечал требованиям ТУ 10.89.19-037-55482687-2017 «Ароматизатор коптильный. Технические условия».

Безопасность коптильного биогеля и рыбы горячего копчения оценивали по содержанию бенз(а)пирена по методике Европейского Союза SOP 3.IV.33\_2. Содержание тяжелых металлов определяли по SOP 3.IV.42\_0. Основные исследования проводили в Научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF (Альтландсберг, Германия).

При определении содержания тяжелых металлов в навеску исследуемой пробы добавляли заданное количество 65%-го раствора  $\text{HNO}_3$ , предварительно обрабатывали в микроволновой печи сверхзвуковой электромагнитной энергией. Конечный результат достигается методом атомно-адсорбционной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

При определении содержания полициклических ароматических углеводородов проводили предварительный гидролиз соединений пробы в  $\text{DHF}/\text{H}_2\text{O}$  (9 : 1) с последующей экстракцией производных с циклогексаном. Из водной диметилформальдегидной фазы углеводороды рекстрагируются с циклогексаном. Циклогексановый экстракт очищали через силикагель при хроматографии методом ВЭЖХ с применением эталонных стандартов. Обнаружение бенз(а)пирена идет при длине волны 290 нм.

В результате исследований была обоснована технология бездымного горячего копчения рыбы с применением бездымной коптильно-водорослевой композиции.

Мороженое филе балтийской трески размораживали на воздухе, мыли, разделявали на куски массой 120–150 г, солили сухим способом, равномерно обсыпая поваренной солью поверхность рыбы (7% NaCl от массы рыбы), выдерживали 20 минут, после чего ополаскивали пресной водой. Параллельно готовили коптильно-водорослевый экстракт из красной водоросли *Furcellaria lumbri-calis* (ГОСТ 31412-2010) и коптильного препарата «Жидкий дым» (ТУ 9145-002-25800078-04). Изначально сухие водоросли замачивали на 2 часа в глубоких емкостях при температуре 20–25°C до набухания с целью промывки от песка и других загрязнений. Далее водоросли измельчали до степени дисперсности около 3 мм и смешивали с водой. Экстракцию проводили в течение 2–4 часов при повышенной температуре (85°C) в ультразвуковых ваннах с постоянным помешиванием. Экстракт фильтровали в горячем состоянии, после чего охлаждали до температуры 30–40°C и смешивали с коптильным препаратом в соотношении 2 : 1.

Собственно копчение, т. е. операция по приобретению рыбой признаков копчености, – это важнейшая стадия новой технологии, обуславливающая помимо придания рыбе заданных аромата и вкуса копчености полную проварку мышечной ткани рыбы до кулинарной готовности. Копчение проводили осторожным окунанием предварительно подсушенных кусков трески в коптильную композицию гелеобразной консистенции, вязкость которой соответствовала уровню, при котором биогель обладал текучестью для равномерного обволакивания поверхности рыбы, но не стекал в виде капель при размещении продукта вертикально для тепловой обработки. Такое состояние обеспечивалось за счет превышения сил адгезии геля к поверхности рыбы над силами его текучести. После нанесения влажного коптильного геля рыбный полуфабрикат подсушивали для закрепления биопленки [2], которая плотно прилегала к поверхности куска. В таком состоянии рыбу помещали в камеру с температурой 100–120°C, в которой выдерживали в течение 30–40 мин. В процессе тепловой обработки термодиффузия ускоряла массоперенос основных компонентов коптильного биогеля в продукт (фенольные и карбонильные вещества, органические кислоты, каротиноидные пигменты водорослей и др.). В результате рыба приобретала заданные свойства и одновременно проваривалась, при этом коптильный биогель обезвоживался и полностью срачивался с поверхностью рыбы, превращаясь в своеобразную «вторичную» оболочку. Далее рыбу охлаждали до комнатной температуры, хранили около 24 часов, после чего определяли ее органолептические свойства стандартными методами и по 5-балльной органолептической шкале.

При оценке безопасности разработанной технологии горячего бездымного копчения рыбы сравнивали полученные в эксперименте данные с требованиями следующих документов: Технического регламента Таможенного Союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», Технического регламента Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и Технического регламента Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». Они являются основным правовыми документами в регулировании безопасности пищевых продуктов, в том числе копченой рыбы, приготовленной с применением новой коптильной среды [3].

Результаты органолептического анализа экспериментальных образцов трески горячего копчения, полученных путем бездымной обработки коптильно-водорослевым гелем и оцененных с применением 5-балльной шкалы (табл. 1) [4] дегустационной комиссией с суммарной оценкой 87 баллов, приведены в табл. 2. Полученные значения позволяют констатировать «отличный» уровень качества и предопределяют высокие потребительские свойства готовой продукции.

Таблица 1

Пятибалльная шкала для определения качества копченой рыбы

Словесная характеристика качества	Процент качества	Балл
Отличное	80–100	5
Хорошее	60–80	4
Среднее	40–60	3
Неудовлетворительное	20–40	2
Очень плохое	0–20	1

Таблица 2

**Органолептическая характеристика и балльная оценка экспериментальных образцов трески горячего бездымного копчения**

Комплексный показатель	Единичный показатель	Словесная характеристика	Балл
Внешний вид	Разделка	Правильная с малозаметными отклонениями	4
	Механические повреждения	Отсутствуют	5
	Сбитость чешуи	Отсутствует	5
	Морщинистость	Легкая	3
	Отслаивание кожи от мяса	Отсутствует	5
	Увлажненность по поверхности	Слегка влажная поверхность	1
	Налет соли	Отсутствует	5
	Белково-жировые натёки	Отсутствуют	5
Запах	Степень свойственности	Свойственный копченой треске, выражен умеренно	5
Вкус	Степень свойственности	Свойственный копченой треске, выражен умеренно	5
Консистенция	Плотность	Уплотненная	4
	Сочность	Сочная	4
	Нежность	Очень нежная	5
	Крошливость	Некрошливая	5
			Итого: 87

Из табл. 2 следует, что разработанная бездымная технология горячего копчения рыбы, апробированная при изготовлении трески, позволяет получать продукцию аналогичную традиционной дымовой технологии по органолептическим характеристикам.

В табл. 3 представлены допустимые и полученные в эксперименте уровни содержания токсичных веществ в разработанном копченном продукте и коптильном биогеле, использованном при бездымном адгезионном копчении трески [3].

Таблица 3

**Нормативные и полученные в эксперименте значения содержания потенциально токсичных веществ в рыбе горячего копчения**

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Полученное значение, мг/кг	Примечание
Свинец	1,0		Все виды рыбной продукции (кроме видов тунец, меч-рыба, белуга)
	0,5	1,25	Водоросли и травы морские
	5,0		Коптильный ароматизатор
<b>Общее по продукту не более 0,5</b>		0	Треска горячего бездымного копчения в биогеле из красной водоросли <i>Furcellaria lumbricalis</i>
Мышьяк	5,0		Все виды рыбной продукции (кроме икры, молоки, рыбного жира)
	5,0	3,62	Водоросли и травы морские
	3,0		Коптильный ароматизатор
<b>Общее по продукту не более 3,0</b>		0	Треска горячего бездымного копчения в биогеле из красной водоросли <i>Furcellaria lumbricalis</i>
Кадмий	0,2		Все виды рыбной продукции и морских млекопитающих (кроме икры, молок и печени)
	1,0	0,17	Водоросли и травы морские
	1,0		Коптильный ароматизатор
<b>Общее по продукту не более 0,2</b>		0	Треска горячего бездымного копчения в биогеле из красной водоросли <i>Furcellaria lumbricalis</i>
Ртуть	0,5		Все виды рыбной продукции (кроме видов тунец, меч-рыба, белуга и продукции икра, молоки, печень, рыбный жир)
	0,1	0,01	Водоросли и травы морские
	1,0		Коптильный ароматизатор
<b>Общее по продукту не более 0,1</b>		0	Треска горячего бездымного копчения в биогеле из красной водоросли <i>Furcellaria lumbricalis</i>
Бенз(а)пирен	0,005		Копченая рыбная продукция
	2	0,00017	Коптильный ароматизатор
<b>Общее по продукту не более 0,005</b>		0	Треска горячего бездымного копчения в биогеле из красной водоросли <i>Furcellaria lumbricalis</i>
Бенз(а)нтрацен	20	0,001	Коптильный ароматизатор

Полученные данные (табл. 3) доказывают, что экспериментально установленные значения содержания тяжелых металлов и бенз(а)пирена значительно ниже регламентированных в действующей документации. Таким образом, технология является безопасной по составу коптильной среды и выкопченной продукции, а также экологически благополучной для окружающей среды и человека.

Результаты исследования позволяют констатировать, что применение коптильно-водорослевых композиций на основе отечественного коптильного препарата «Жидкий дым» и экстракта красной водоросли Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis* существенно упрощает технологический процесс приготовления рыбы горячего копчения. При этом готовая продукция отличается высокими органолептическими свойствами, аналогичными традиционно выкопченной рыбе, содержит полезные вещества водорослей, повышающих ее пищевую ценность, а по содержанию основных токсичных веществ является безопасной.

Разработанная технология может быть названа экологически безопасной и гигиенически безупречной, поскольку при обработке рыбы коптильной средой в гелеобразном состоянии исключаются выбросы вредных коптильных веществ в атмосферу.

### Литература

1. Мезенова О.Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов. – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 288 с.
2. Сушина А.Д., Мезенова О.Я. Исследование получения и применения коптильной композиции на основе экстрактов красных водорослей *Furcellaria Lumbricalis* // Вестник Международной академии холода. – 2022. – № 1. – С. 53–60.
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
4. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбной продукции. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 244 с.

УДК 664.959:664.6

**В.В. Ткачев, Н.С. Салтанова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: vacyla\_@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АНАЛОГОВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ СУРИМИ**

В результате проведенных исследований получен белковый концентрат из минтая с применением электролиза и последующей лиофильной сушки. Разработаны аналоговые хлебобулочные и макаронные изделия, в составе которых 50% муки от количества по рецептуре заменено рыбным белковым концентратом.

**Ключевые слова:** сурими, аналоговые продукты, рыбный белковый концентрат, хлебобулочные и макаронные изделия, электролиз, лиофилизация.

**V.V. Tkachev, N.S. Saltanova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: vacyla\_@mail.ru*

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR ANALOG PRODUCTS BASED ON SURIMI**

As a result of the conducted studies, a protein concentrate from pollock was obtained using electrolysis and subsequent freeze-drying. Analog bakery and pasta products have been developed, in the formulation of which 50% of the flour from the amount according to the recipe was replaced with fish protein concentrate.

**Key words:** surimi, analog products, fish protein concentrate, bakery and pasta products, electrolysis, lyophilization.

В пищевом производстве четко прослеживается тенденция к обогащению продуктов, в том числе рыбных, эссенциальными веществами, необходимыми человеку, с целью повышения пищевой и биологической ценности продукции. Разработка технологий новых обогащенных пищевых продуктов общего и специального назначения является основной задачей науки и практики.

Рыбные фарши и продукты на их основе открывают новые возможности – на основе рыбного фарша получают продукты с заданными свойствами и составом, в том числе аналоговые (аналоги рыбных, молочных, мясных продуктов). Новые пищевые продукты создают в соответствии с требованиями рационального питания, при этом разрабатывают продукцию для диетического, лечебного и детского питания с пониженной калорийностью, пониженным содержанием поваренной соли, обогащенную ценными нутриентами – витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами, аминокислотами [1–7].

Комплексная и рациональная переработка гидробионтов продолжает оставаться для рыбохозяйственной отрасли важнейшей задачей, одним из решений которой является использование в пищевых целях рыбного сырья пониженной товарной ценности и разработка технологий аналоговой продукции на основе сурими. Производство продуктов из сурими нашло широкое распространение во всем мире.

В качестве обогащающей добавки, которая будет являться основой в рецептурах хлебобулочных и макаронных изделий, целесообразно использование белкового концентрата из сурими, полученного с применением электролиза и последующей лиофильной сушки.

*Цель работы* – обоснование использования рыбного белкового концентрата в рецептурах хлебобулочных и макаронных изделий. Для достижения цели были поставлены задачи: обосновать использование рыбного белкового концентрата в рецептурах, определить влияние добавки на органолептические свойства хлебобулочных и макаронных изделий.

Объектами исследований являлись фарш сурими из минтая, рыбный белковый концентрат, полученный с применением электролиза и последующей лиофильной сушки, хлебобулочные и макаронные изделия.

Для получения сурими минтай разделявали, отделяя его мышечную ткань от кожи, костей, плавников и проводили грубое измельчение. Грубоизмельченный фарш обрабатывали в межэлектродном пространстве бездиафрагменного электролизера: процесс осуществляли в течение 7–10 минут при постоянном перемешивании со скоростью 12 об/мин. Для осветления фаршевой смеси применяли отбеливающие вещества (сульфат натрия, хлорид натрия или их смесь суммарной концентрацией не более 3,5% в воде), при этом обработку осуществляли при соотношении фарша и жидкой фазы (вода с реагентами) 1:1–1:4. Осветленный полуфабрикат фильтровали, отделяя от жидкой фазы, и затем промывали водой температурой не выше 10°C. Использование электрохимического осветления в межэлектродном пространстве бездиафрагменного электролизера позволяет сократить продолжительность обработки и снизить расход воды. После обработки в электролизере полуфабрикат направляли на лиофильную сушку на аппарате Alpha 1-4 LS Cplus. Процесс лиофилизации основан на замораживании продукта и снижении внешнего давления, что позволяет воде переходить из твердого состояния сразу в газообразное. Высушенная рыбная масса направлялась на измельчение с помощью электрического измельчителя продуктов «Молния». На рис. 1 представлен сухой рыбный белковый концентрат, полученный с применением электролиза и последующей лиофильной сушки.



Рис. 1. Рыбный белковый концентрат

Сухой рыбный концентрат добавляли в состав хлебобулочных и макаронных изделий.

В рецептурный состав хлебобулочных изделий входили вода питьевая, дрожжи хлебопекарные прессованные, мука пшеничная и ржаная, рыбный белковый концентрат, яйцо куриное столовое, сахар-песок, соль пищевая. В традиционной рецептуре хлебобулочных изделий 50% муки заменяли сухим рыбным белковым концентратом.

При производстве хлебобулочных изделий использовали безопасный способ приготовления теста, который включает в себя следующие этапы: прием и хранение сырья до обработки, подготовку сырья к производству, приготовление теста, разделку теста, выпечку. Первый этап включает прием сырья, входящего в рецептуру, перемещение его в складские помещения и емкости для последующего хранения. Второй этап включает операции по подготовке сырья в соответствии с рецептурой (смешивание, растворение, растапливание, фильтрование, просеивание, приготовление дрожжевой суспензии). Подготовленное сырье подается на замес теста. Третий этап включает операции по приготовлению теста: замес теста, его брожение и обминка. При замесе тесто подвергается механической обработке, насыщению пузырьками воздуха, кроме того, происходит формирование губчатого клейковинного каркаса теста. В результате спиртового и молочнокислого брожения, которые происходят при воздействии дрожжей и молочнокислых бактерий, тесто приобретает определенные органолептические и реологические свойства, влияющие на качество готового изделия. Контроль над брожением теста осуществляется по органолептическим показателям (запаху, структуре, увеличению объема, вкусу) и кислотности, которая должна быть на 0,5 град выше кислотности мякиша готового изделия в соответствии с требованиями нормативной документации. Для улучшения свойств теста его подвергают во время брожения одной или нескольким обминкам. Продолжительность брожения теста при безопасном способе составляет 2,5 часа при температуре 30–32°C. Этап разделки теста включает такие технологические операции, как деление теста на куски, их округление, формование тестовых заготовок, их окончательную расстойку. Расстойка осуществляется в духовых шкафах при температуре 35–40°C и относительной влажности 80–85%; продолжительность расстойки от 20 до 120 мин. Целью расстойки является доведение тестовой заготовки до оптимального для выпечки состояния по объему и содержанию веществ, необходимых для получения готового изделия наилучшего качества. Выпечка осуществляется с целью превращения тестовой заготовки в готовое хлебобулочное изделие и происходит при температуре от 220 до 240°C; продолжительность выпечки зависит от массы и формы заготовок и составляет 15–60 мин.

На рис. 2 приведен внешний вид образцов теста и готовых изделий: тесто пшеничное (рис. 2, а) и тесто ржаное (рис. 2, б) (в рецептуре 50% муки пшеничной заменено рыбным белковым концентратом), изделия из теста пшеничного (рис. 2, в) и теста ржаного (рис. 2, г).

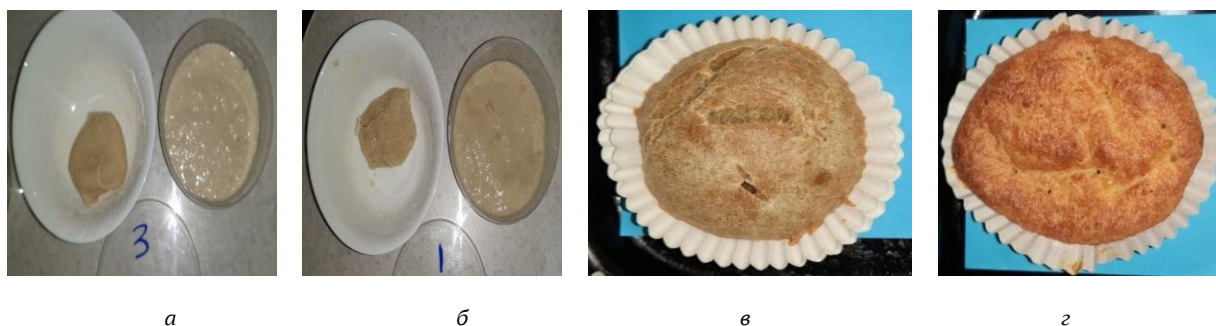


Рис. 2. Образцы теста и хлебобулочных изделий из него (с заменой в рецептуре 50% пшеничной муки сухим рыбным белковым концентратом)

Результаты органолептической оценки показали, что образцы хлебобулочных изделий имеют мелкопористую структуру; мякиш эластичный, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму, не крошится; вкус и аромат, присущие хлебобулочному изделию, отмечен едва уловимый рыбный привкус, не снижающий общее впечатление о продукте.

В рецептурный состав макаронных изделий входили мука пшеничная, сухой рыбный белковый концентрат (50% муки в рецептуре заменяли рыбным белковым концентратом), вода питьевая, яйцо куриное столовое, сахар-песок, соль поваренная пищевая. На рис. 3 приведен внешний вид образцов полуфабриката макаронных изделий.



Рис. 3. Образцы полуфабриката макаронных изделий (с заменой в рецептуре 50% пшеничной муки сухим рыбным белковым концентратом)

Результаты органолептической оценки показали, что образцы полуфабриката макаронных изделий имеют однородный цвет с кремовым оттенком, без следов непромеса, свойственный запах; рыбный запах отсутствует. Готовые макаронные изделия с содержанием воды не выше 11% имеют стекловидный вид в изломе, гладкую, без трещин поверхность.

Таким образом, в результате исследований обосновано использование рыбного белкового концентрата в рецептурах хлебобулочных и макаронных изделий; установлено, что добавка не оказывает отрицательного влияния на органолептические свойства полуфабрикатов и готовых изделий, при этом, учитывая высокое содержание белка в рыбной белковой добавке, способствует повышению пищевой ценности готовых изделий.

### Литература

1. *Абрамова Л.С.* Обоснование технологии поликомпонентных продуктов питания с задаваемой структурой и комплексом показателей пищевой адекватности на основе рыбного сырья: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04. – Калининград, 2003. – 507 с.
2. *Технология продуктов из гидробионтов / С.А. Артюхова, В.Д. Богданов и др.* – М.: Колос, 2001. – 496 с.

3. *Бредихин А.Н.* Разработка биотехнологического способа для повышения качества продуктов питания пастообразной и сухой формы на основе растительного и рыбного: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2011. – 22 с.
4. *Ковалева И.П., Титова И.М., Чернега О.П.* Методы исследования свойств сырья и продуктов питания. – СПб.: Проспект Науки, 2012. – 152 с.
5. *Першина Е.Г.* Разработка функциональных продуктов питания на основе методологии пищевой комбинаторики: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. – Кемерово, 2009. – 147 с.
6. *Салтанова Н.С., Кузьмина И.В., Салтанов Д.М.* Возможности использования сурими при производстве рыбных продуктов // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – № 17 – С. 75–79.
7. *Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А.Ф. Доронин и др.; под ред. А.А. Кочетковой.* – М.: ДеЛи принт, 2009. – 288 с.



## СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ И ИХ АДРЕСА

### *Научно-исследовательские организации*

**Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»**

236022, г. Калининград, ул. Дмитрия Донского, д. 5  
Тел.: (401) 221-56-45; факс: (401) 221-99-97  
E-mail: atlantniro@vniro.ru

**Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»**

690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, д. 4  
Тел.: (423) 240-09-21; факс: (423) 230-07-51  
E-mail: tinro@vniro.ru

**Камчатский филиал ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН»**

683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, д. 6  
Тел.: (4152) 42-34-57; факс: (4152) 41-24-64  
E-mail: korostelevs@mail.ru

**ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН»**

344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41  
Тел.: (863) 250-98-29; факс: (863) 266-56-77  
E-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru

**Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»**

183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, д. 6  
Тел.: (8152) 47-31-81; факс: (8152) 47-33-31  
E-mail: pinro@vniro.ru

**ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»**

684033, Камчатский край, с. Сосновка, ул. Центральная, д. 4  
Тел.: (41531) 3-62-45  
E-mail: khasbiullina@kamniish.ru

**ФГБУН «Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук»**

690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159  
Тел./факс: (423) 231-25-90  
E-mail: referent@ich.dvo.ru

### *Образовательные организации*

**ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»**

690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52б  
Тел.: (423) 244-03-73; факс: (423) 244-24-32  
E-mail: festfu@mail.ru, dalrybvtyz@mail.ru

**ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»**

236022, г. Калининград, Советский проспект, д. 1  
Тел.: (4012) 99-59-01; факс: (4012) 99-53-46  
E-mail: rector@klgtu.ru

**ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**  
660041, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел.: (391) 206-22-22; факс: (391) 244-86-25  
E-mail: office@sfu-kras.ru

*Другие организации*

**КГУП «Камчатский водоканал»**  
683009, г. Петропавловск-Камчатский, пр. Циолковского, д. 3/1  
Тел.: (4152) 21-86-10; факс: (4152) 21-86-29  
E-mail: Priemnaya@pkvoda.ru

**ООО «Лосось – 2004»**  
693012, г. Южно-Сахалинск, ул. Крайняя, д. 50, офис 2  
Тел.: (42442) 2-42-21

**ООО «Лаборатория цифровых технологий»**  
236022, г. Калининград, Советский проспект, д. 1

**ООО «Недра»**  
684000, г. Елизово, ул. Геофизическая, д. 9  
Тел.: (41531) 6-24-78