



Всероссийская конференция

МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ В 21 ВЕКЕ

Владивосток
25-26 сентября 2025 г.



Памяти академика
Алексея Викторовича
Жирмунского

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

г. Владивосток



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Национальный научный центр морской биологии
им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения
Российской академии наук

Приморский океанариум - филиал ННЦМБ ДВО РАН

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Всероссийской конференции
«Морская биология в 21 веке»
(памяти академика Алексея Викторовича Жирмунского)

25-26 сентября 2025 г.
Владивосток, Россия

ABSTRACTS
of the All-Russian Conference
"Marine Biology in the 21st Century"
(in commemoration of the Academician Alexey V. Zhirmunsky)

September 25-26, 2025
Vladivostok, Russia

Владивосток
2025

УДК 574.5
ББК 28.082.21
М 80

Утверждено к печати Ученым советом
Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского
Дальневосточного отделения Российской академии наук

«Морская биология в 21 веке»: тезисы докладов Всероссийской конференции (памяти академика Алексея Викторовича Жирмунского), 25–26 сентября 2025 г., Владивосток, Россия / сост. А.В. Лаврентьева. – Владивосток: ННЦМБ ДВО РАН, 2025. –321с.

"Marine Biology in the 21st Century" Abstracts of the All-Russian Conference (in commemoration of the Academician Alexey V. Zhirmunsky), September 25–26, 2025, Vladivostok, Russia / Compiled by Anna V. Lavrenteva. – Vladivostok: NSCMB FEB RAS, 2025. –321 p.
ISBN – 978-5-6043699-3-7

УДК 574.5
ББК 28.082.21
М 80

В сборнике публикуются тезисы докладов по следующим направлениям морской биологии: биоразнообразию, экология, функционирование экосистем и сообществ, физиология и адаптации морских организмов, молекулярно-генетические и цитологические исследования морских организмов, морская фармакология и биотехнология, а также практические аспекты научных исследований в практике работы современных океанариумов.
Для гидробиологов, ихтиологов, эмбриологов, цитологов, биохимиков, генетиков, преподавателей и студентов ВУЗов.

This collection contains proceedings in the following fields of marine biology: biodiversity, ecology, functioning of ecosystems and communities, physiology and adaptations of marine organisms, molecular genetic and cytological studies of marine organisms, marine pharmacology and biotechnology, as well as practical aspects of scientific research in the work of public aquariums.

The issue will be of interest for hydrobiologists, ichthyologists, embryologists, cytologists, biochemists, geneticists, lecturers, and university students.

Ответственные редакторы:

к.б.н. О.М. Корн
к.б.н. Е.С. Корниенко
к.б.н. А.В. Лаврентьева

Ответственный секретарь:

к.б.н. И.В. Стоник
к.б.н. В.М. Серков

ISBN – 978-5-6043699-3-7

© ННЦМБ ДВО РАН, 2025

Академик Алексей Викторович Жирмунский (1921 - 2000)



Алексей Викторович Жирмунский, доктор биологических наук, академик Академии наук СССР, один из ведущих учёных в области морской биологии и физиологии морских беспозвоночных, автор более 360 научных работ, в том числе 2 монографий. Первый директор и организатор Института биологии моря ДВО РАН.

В 1939 г. Жирмунский А.В. поступил на биологический факультет Ленинградского университета. Студенческая жизнь его была прервана начавшейся Великой Отечественной войной, университет он закончил только в 1950 г. по специальности “физиология клетки”.

Многие годы Алексей Викторович посвятил изучению морских организмов.

Исследовал физиологические аспекты микроэволюции, закономерностей и механизмов расселения морских беспозвоночных; приспособления животных и их клеток к различным факторам среды; регуляции функций животных; количественного анализа развития и организации природных систем. Научные работы посвящены проблемам микроэволюции, экологии морских беспозвоночных, выяснению закономерностей их расселения, изучению современных и ископаемых моллюсков, биологическим основам марикультуры, биоритмам животных, теоретическим основам заповедного дела.

В 1954 году А.В. Жирмунский защитил кандидатскую диссертацию на тему: "Субстанциональные и функциональные изменения при денервации скелетной мускулатуры млекопитающих", а в 1971 г. - докторскую диссертацию: "Теплоустойчивость клеток и распределение донных животных в верхних зонах моря". В 1972 году Алексей Викторович Жирмунский был избран членом-корреспондентом АН СССР, и в 1987 году - академиком АН СССР.

По поручению Президиума Академии наук СССР в 1966 году под руководством Алексея Викторовича был создан Отдел биологии моря в Дальневосточном филиале Сибирского отделения Академии наук СССР. В начале 1967 года Отдел биологии моря состоял из двух лабораторий: Лаборатории экспериментальной экологии и Лаборатории систематики и морской гидробиологии. В 1970 г. Отдел был официально преобразован в Институт биологии моря Дальневосточного научного центра Академии наук СССР. Алексей Викторович Жирмунский стал первым директором ИБМ и руководил институтом с 1970 по 1988 годы.

Жирмунский А.В. был инициатором создания нового научного журнала по морской биологии, и в 1975 году из печати вышел первый номер журнала «Биология моря», главным редактором которого с 1975 по 1987 годы был Алексей Викторович.

По инициативе и при активном участии Алексея Викторовича Жирмунского в 1978 г. был создан Дальневосточный морской заповедник. До сих пор это единственный морской заповедник в России, который играет большую роль в сохранении и изучении морской фауны Приморья.

В Дальневосточном государственном университете (ДВГУ) Жирмунский А.В. организовал кафедру цитологии и физиологии, которой заведовал более 10 лет. Читал спецкурсы: «Морская экология», «Системная экология», «Введение в научную информатику», «Заповедное дело», «Введение в экологию». Под его руководством была создана Малая академия морской биологии.

Широко известный в научных кругах России и за рубежом, Алексей Викторович сыграл важную роль и в организации всесоюзных и международных научных симпозиумов и конференций. В частности, он организовал советско-японский и советско-американский симпозиумы по морской биологии на биостанции «Восток» ИБМ ДВО РАН, Первую всесоюзную конференцию по биологии шельфа, Первую всесоюзную конференцию по морской биологии, Первую всесоюзную конференцию по морской биогеографии, и целый ряд научных школ по актуальным проблемам морской биологии.

Алексей Викторович Жирмунский награжден множеством орденов и медалей: Орден Отечественной войны 2-й степени; два ордена Трудового Красного Знамени; орден «Знак Почёта»; Медаль Жукова; Медаль «За победу над Германией»; Медаль «За оборону Кавказа»; Золотая медаль ВДНХ; медаль «В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина». Почётный директор института биологии моря ДВО АН СССР (с 1988).

В целях увековечения памяти выдающегося учёного, академика Алексея Викторовича Жирмунского, создавшего в г. Владивостоке Институт биологии моря ДВО РАН и успешно руководившего им в течение 18 лет, Президиум Российской академии наук от 20 сентября 2005 г. постановил: присвоить имя академика А.В. Жирмунского Институту биологии моря ДВО РАН и впредь именовать его - Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук. 1 сентября 2016 г. на базе Института биологии моря ДВО РАН с присоединением к нему Дальневосточного морского заповедника и Приморского океанариума организован Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН (ННЦМБ ДВО РАН). В сентябре 2018 г. Национальному научному центру морской биологии присвоено имя академика А. В. Жирмунского.

Дальневосточным отделением РАН в целях поощрения учёных за научные труды, открытия, имеющие важное значение для фундаментальных и прикладных исследований, результаты которых опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и монографиях, была учреждена премия имени А.В. Жирмунского, которая присуждается «за работы в области экологии».

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПИГМЕНТЫ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Агеенко Н.В. 18

ЗЕЛЕННЫЕ НИТЧАТЫЕ ВОДОРОСЛИ *CLADOPHORA* СОЛЕННЫХ ВОД: УЩЕРБЫ ИЛИ ВЫГОДА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ануфриева Е.В., Празукин А.В., Гассиев Д.Д., Шадрин Н.В. 21

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ НЕМЕРТИН *CARCINONEMERTES* SP. (NEMERTEA: CARCINONEMERTIDAE) ИЗ КРАБОВ РОДА *HEMIGRAPUS* В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ

Афанасьев К.А., Вайнутис К.С. 24

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОМОЛОГОВ ИЗ ОСАДОЧНОГО МЕТАГЕНОМА «ЗАМКА ЛОКИ» В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА ПЛАЗМИДНОЙ ДНК- ЛИГАЗЫ *ALTEROMONAS MEDITERRANEA*

*Ашина Н.П., Рязанцев М.А., Назипова Н.Н., Лу И.-Х., Ван Дж., Дроздов А.Л.,
Зимин А.А.* 27

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В КРОНОЦКОМ ЗАЛИВЕ В ВЕСЕННИЕ МЕСЯЦЫ 2018, 2019, 2021 И 2023 ГГ.

Базаркина Л.А., Тепнин О.Б., Блохин И.А. 29

ХАРАКТЕРИСТИКА ПУТЕЙ ЭВОЛЮЦИИ БИОСИНТЕЗА СТЕРИНОВ ГОЛОТУРИЙ

Балдаев С.Н., Иващенко А.И., Исаева М.П. 32

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД МИРОВОГО ОКЕАНА НА СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МОРСКИХ ДЕЛЬФИНОВ

Баркина Д.Ю., Баркина М.Ю., Баркина Н.В. 33

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ ЯПОНОМОРСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *THYSANOCARDIA* (SIPUNCULA: GOLFIGIIDAE)

Бахрутдинова А. А., Винников К. А., Майорова А. С. 34

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

Блиновская Я.Ю., Майсс А.А. 36

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ СИМБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ У МШАНОК (BRYOZOA: CHELOSTOMATA) ЯПОНСКОГО МОРЯ.	
<i>Богданов Е.А., Вишняков А.Э., Юшин В.В., Грищенко А.В., Островский А.Н. ..</i>	39
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД КОРФО-КАРАГИНСКОГО РАЙОНА В ИЮНЕ 2024 Г.	
<i>Богданова К.В., Коваль М.В., Лозовой А.П.</i>	41
О ПРОБЛЕМАХ РАСШИФРОВКИ ГЕНОМА НА ПРИМЕРЕ <i>EUPENTACTA FRAUDATRIX</i>	
<i>Бойко А.В.</i>	43
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ КУЛЬТУРЫ НАУПЛИУСОВ <i>ARTEMIA SALINA</i> L.	
<i>Борисова Д.С., Боцун Л.А., Геворгян Т.А., Карпенко А.А., Масленников С.И. Московко В.Е., Щербина В.В.</i>	46
ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ МАЛЬКОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА <i>PARALITHODES CAMTSCHATICUS</i> ВОЗРАСТОМ ОТ 2 ДО 9 МЕСЯЦЕВ В ИСКУССТВЕННОМ БИОТОПЕ	
<i>Борисова Д.С., Масленников С.И., Геворгян Т.А.</i>	48
ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРЫ <i>PORPHYRIDIUM PURPUREUM</i> В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Боровков А.Б., Гудвиллович И.Н., Новикова Т.М., Авсиян А.Л., Клочкова В.С.</i>	51
ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНА РОСТА ГИББЕРЕЛЛИНА НА СКОРОСТЬ РОСТА КУЛЬТУРЫ МОРСКОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ РОДА <i>TETRASELMIS</i>	
<i>Боцун Л.А., Масленников С.И., Московко В.Е.</i>	53
МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ, ИХ РОЛЬ В КЛЮЧЕВЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ	
<i>Брюханов А.Л., Саввичев А.С., Севастьянов В.С., Кравчишина М.Д.</i>	55
ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ЭКСПРЕССИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО АДЕНОАССОЦИИРОВАННОГО ВИРУСНОГО ВЕКТОРА ГИППОКАМПА МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЦНС МОЛОДИ КЕТЫ <i>ONCORHYNCHUS KETA</i> ЧЕРЕЗ 6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ИНТРАПАРЕНХИМАТОЗНОГО ВВЕДЕНИЯ В МОЗЖЕЧОК	
<i>Быкова М.Е., Пуцина Е.В., Шамигурина Е.В.</i>	58
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАЗИТОФАУНЫ ГИДРОБИОНТОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БУХТ ПОСПЕЛОВА И АЯКС ОСТРОВА РУССКИЙ	
<i>Вайнутис К.С., Афанасьев К.А., Фоминов В.С., Буховец А.А.</i>	61

ВЫДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ БАКТЕРИИ <i>PSEUDOLTEROMONAS PISCIDIA</i> 2202	
<i>Венчаков В.С., Беленева И.А., Веланский П.В., Магарламов Т.Ю.</i>	64
У ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>MYA JAPONICA</i> (BIVALVIA: MYIDAE), ОБИТАЮЩЕГО В ЯПОНСКОМ И ЖЕЛТОМ МОРЯХ, ОБНАРУЖЕНЫ ГЕТЕРОГЕННЫЕ СПЕРМАТОЗОИДЫ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ КОТОРЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИ СПЕЦИФИЧНЫ	
<i>Вехова Е.Е., Пименова Е.А., Александрова Я.Н., Чжан Ц., Цзяо И., Реунова Ю.А., Реунов А.А.</i>	65
ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ ОФИУР (ECHINODERMATA: ORPHUROIDEA) НА ПОДВОДНЫХ ПОДНЯТИЯХ ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА	
<i>Волкова А.Л., Даутов С.Ш., Даутова Т.Н.</i>	68
АНАЛИЗ КИШЕЧНОГО МИКРОБИОМА <i>COREGONUS NASUS</i> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ 16S рНК	
<i>Воронов К.Е.</i>	70
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ МОРСКОГО БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА <i>NUCELLA HEYSEANA</i> (DUNKER, 1882)	
<i>Габаев Д.Д., Колотухина Н.К.</i>	73
ИЗУЧЕНИЕ АНИЗАКИД МОРСКИХ РЫБ: НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГАПЛОТИПИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ	
<i>Гордеев И.И., Бемер Е.А., Атопкин Д.М., Симонова Н.А., Соколов С.Г.</i>	76
МОРСКАЯ СТАНЦИЯ «АНИВА» - НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ О. САХАЛИН	
<i>Гордеев И.И., Семенов А.А.</i>	79
К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭВТРОФИРОВАННОСТИ И МУТНОСТИ ВОД ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>Григорьева Н.И., Левенец И.Р.</i>	81
УНИКАЛЬНЫЙ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ФАУНЫ НОВЫЙ РОД СТРАТОКОРМИДИАЛЬНЫХ ЦИКЛОСТОМНЫХ МШАНОК ИЗ РАЙОНА ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА ОХОТСКОГО МОРЯ	
<i>Грищенко А.В., Тейлор П.Д.</i>	84
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МАССОВОЕ РАЗВИТИЕ НАТИВНЫХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ	
<i>Губелит Ю.И., Ленци М.</i>	86

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПОЛОВОЗРЕЛЫМИ ОСОБЯМИ КЕФАЛИ <i>LIZA AURATA</i> (RISSO, 1910) ИЗ КАСПИЙСКОГО МОРЯ	
<i>Гуринович А. С., Чаплыгин В.А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф.</i>	89
ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ КОЛЮЧЕЙ АКУЛЫ <i>SQUALUS ACANTHIAS</i> В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА	
<i>Дозорец М.И., Попова М.Ю.</i>	92
ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ ГОЛОТУРИЙ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ДВУХ ТИПОВ ФАГОЦИТОВ <i>EUPENTASTA</i> <i>FRAUDATRIX</i>	
<i>Долматова Л.С., Караулова Е.П.</i>	94
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ <i>DUNALIELLA SALINA</i> И <i>ISOCHRYSIS GALBANA</i>	
<i>Домрачев В. Д.</i>	96
ДЕГРАДАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА В КИШЕЧНИКАХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ И ЛИЧИНОК ВОСКОВОЙ МОЛИ	
<i>Дроздов А.Л., Карпенко А.А., Одинцов В.С., Дроздов К.А.</i>	97
АКАДЕМИК АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ ЖИРМУНСКИЙ – ПЕДАГОГ И ВОСПИТАТЕЛЬ, СОЗДАТЕЛЬ КОГНИТИВНОГО КОДА МОРСКИХ БИОЛОГОВ	
<i>Дроздов А.Л.</i>	100
РЕЦЕПТОРНЫЕ КЛЕТКИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МОРСКИХ ГАСТРОПОД	
<i>Евнукова Е.А., Зайцева О.В.</i>	103
ЭТАНОЛАМИД СТЕАРИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ ИНГИБИРУЕТ ЛПС- ИНДУЦИРОВАННОЕ ВОСПАЛЕНИЕ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК МИКРОГЛИИ МЫШИ SIM-A9	
<i>Егораева А.А., Манжуло И.В., Пономаренко А.И., Ивашкевич Д.Н.</i>	106
СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИГОДОВОЙ ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА БУХТЫ ЧЕРНЫШЕВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>Елисейкина У.А., Тевс К.О., Шульгина М.А.</i>	108
НОВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ИНДЕКСА ШИРОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ	
<i>Емелин П.О.</i>	111
РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИПИДОВ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ МЕМБРАН БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (<i>UNDARIA PINNATIFIDA</i>) В ОТВЕТ НА ВЫСОКУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ СВЕТА	
<i>Жукова Н.В., Яковлева И.М.</i>	114

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЧАТКА ДЕФИНИТИВНОГО ТЕЛА У ЛИЧИНОК МОРСКОГО ЕЖА <i>MESOCENTROTUS NUDUS</i>	
<i>Зацепилина Д.С., Танкович А.Е.</i>	116
ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ МАРКЕРОВ ДВУХ ГЕНОВ (<i>CO-1</i> И <i>H3</i>) <i>LITOROGAMMARUS KARADAGIENSIS</i> (GRINTSOV, 2009) (AMPHIRODA, GAMMARIDAE) И СИСТЕМАТИКА РОДА <i>LITOROGAMMARUS</i>	
<i>Золотова А.О., Гринцов В.А., Рябушко В.И., Картавцев Ю.Ф.</i>	118
ВИДОВОЙ СОСТАВ РЫБ И ОЦЕНКА ИХ ВЫЛОВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ЛОВА ПОДО ЛЬДОМ В ПОДЗОНЕ ПРИМОРЬЕ В ЯНВАРЕ–МАРТЕ 2025 ГОДА	
<i>Измятинский Д.В., Асеева Н.Л., Ким Л.Н., Измятинская В.Н., Кравченко Д.Г.</i>	120
МОРСКИЕ БЛЮДЕЧКИ СЕМЕЙСТВА LERETIDAE (MOLLUSCA, GASTROPODA) ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД	
<i>Ильин И.Д., Чернышев А.В., Шарина С.Н.</i>	123
СПОСОБЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОННЫХ ГИДРОБИОНТОВ ОТ РЫБ	
<i>Исаева О.М., Каплина А.М.</i>	125
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЛИПИДОВ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ К ОКИСЛЕНИЮ <i>IN VITRO</i>	
<i>Истомина А.А.</i>	128
БИОПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО: МОЛЛЮСКИ	
<i>Карпенко А.А., Одинцов В.С.</i>	131
СТРУКТУРА МЕЙОБЕНТОСА И НЕМАТОФАУНЫ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ГРУНТОВ ВЕРХНИХ ЭТАЖЕЙ СУБЛИТОРАЛИ ПЕСЧАНЫХ БУХТ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>Карпова А. А.</i>	133
НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДРОСЛЕЙ ВИДА <i>SKELETONEMA MENZELII</i> ИЗ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	
<i>Качур Д.И., Пономарева А.А.</i>	136
ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ГОНОЗОоиДА В КОЛОНИИ МШАНКИ <i>CRISIELLA PRODUCTA</i> (BRYOZOA: CYCLOSTOMATA)	
<i>Квач А.Ю., Кутюмов В.А., Котенко О.Н., Старунов В.В., Островский А.Н.</i> ..	137

**ВИДОВОЙ СОСТАВ ОБРАСТАНИЯ МОРСКОГО МУСОРА
В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ МОРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СБОРОВ В 2024 ГОДУ**

Кепель А.А. 139

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О DULICHIIDAE (AMPHIRODA: SENTICAUDATA)
ИЗ СООБЩЕСТВ ПОДВОДНОГО ВУЛКАНА ПИЙПА**

Киреев П.А., Головань О.А. 141

**ГАПЛОТИПИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДВУХ СТАД СИГА *COREGONUS
LAVARETUS* (TELEOSTEI: SALMONIFORMES) ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ИЗ КУРШСКОГО И ФИНСКОГО ЗАЛИВОВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

Киселева М.Н., Митрюшкина Д.К., Аналикова О.В. 143

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ
КОРЮШЕК, ОБИТАЮЩИХ В БАССЕЙНЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ**

Ковпак Н.Е., Олейник А.Г., Кухлевский А.Д., Каменская Д.Н. 146

**ГЛУБОКОВОДНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА
CRASSOSTREA GIGAS (THUNBERG, 1793) В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ
ЯПОНСКОГО МОРЯ: ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И
ПРОИСХОЖДЕНИЕ**

Колпаков Е.В., Власенко Р.В., Соколенко Д.А., Корнейчук И.А., Деминов А.Н. 149

**ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ВЫДЕЛЕНИЯ
ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДВУСТВОРЧАТЫМИ МОЛЛЮСКАМИ
РЫХЛЫХ ГРУНТОВ ЧЁРНОГО МОРЯ**

*Колючкина Г.А., Чикина М.В., Кондарь Д.В., Любимов И.В., Ребецкая Е.А.,
Полухин А.А.* 152

**ПОИСК ГЕНОВ РАННЕГО НЕЙРОГЕНЕЗА У ПОЛИХЕТЫ *ALITTA
VIRENS***

Котенко А.И., Костюченко Р.П. 154

**ХЕМОСИМБИОТРОФНЫЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ
PLIOCARDIINAE (VESICOMYIDAE): ПО СЛЕДАМ БЫЛЫХ АРЕАЛОВ**

Крылова Е.М. 155

**НОВЫЙ МЕХАНИЗМ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕТРОДОТОКСИНУ У
СВЕРХТОКСИЧНОЙ НЕМЕРТИНЫ *SERHALOTHRIX* CF. *SIMULA***

Кузнецов В.Г., Магарламов Т.Ю. 157

**СОВРЕМЕННАЯ МАЛАКОФАУНА МЯГКИХ ГРУНТОВ ЮЖНОГО
УЧАСТКА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО БИОСФЕРНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Лебедев Е.Б., Левенец И.Р. 159

**СОСТАВ ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ ЗАЛИВА ВОСТОК
ЯПОНСКОГО МОРЕЯ В 2019–2024 ГГ.**

Левенец И.Р., Григорьева Н.И., Лебедев Е.Б. 162

**МИКРОВОДОРΟΣЛИ КОМПЛЕКСА ВЦВ В ФИТОПЛАНКТОНЕ
БУХТЫ ОЛЬГА (КРОНОЦКИЙ ЗАЛИВ) В АКВАТОРИИ ЛЕТНЕГО
НАГУЛА СЕРЫХ КИТОВ**

Лепская Е.В., Волкова Е.В., Балакирев Д.А. 165

**ЭКСПРЕССИЯ ПРО- И АНТИ-АПОПТОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И
НЕЙРОГЕНИНА В СПИННОМ МОЗГЕ МОЛОДИ КЕТЫ
ONCORHYNCHUS KETA В УСЛОВИЯХ ГОМЕОСТАТИЧЕСКОГО
РОСТА И ПРИ ОСТРОМ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ**

Литвинов Н.А., Пуцина Е.В. 168

**РЕНО-ПЕРИКАРДИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОРГАНОВ
ГЛУБОКОВОДНОГО КИШЕЧНОДЫШАЩЕГО *QUATUORALISIA
MALAKHOVI* (NEMICHORDATA, ENTEROPNEUSTA)**

Лукиных А.И., Ежова О.В., Малахов В.В. 170

**ДУВСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ МАНГРОВ И ПЕРИ-МАНГРОВЫХ
ОБЛАСТЕЙ ПРОВИНЦИИ КЪЕНЗЯНГ (ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ)**

Лутаенко К.А., Прозорова Л.А., Нго К.С. (Quang Xuan Ngo), Богатов В.В. ... 173

**TETRODOTOXIN-CONTAINING RIBBON WORMS *CERHALOTHRIX
SIMULA* (NEMERTEA, PALAEONEMERTEA) AND ITS POTENTIAL
TOXIC PRESSURE ON MARINE ECOSYSTEMS**

Malykin G.V., Velansky, P.V., Magarlamov T.Yu. 176

**ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА РЫБ БУХТЫ АЛЕКСЕЕВА
ОСТРОВА ПОПОВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)
В ЛЕТНЕ–ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2024 ГОДА**

Маркевич А.И., Зимин П.С., Фищенко В.К. 177

**ПЕЛАГИЗАЦИЯ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ КОРАЛЛОВЫХ РИФОВ
ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА**

Мельников В., Лонг Ван Нгуен, Чудиновских Е., Силаков М. 180

**ASSESSING THE DIET OF A HIGHLY TOXIC RIBBON WORM
CERHALOTHRIX CF. *SIMULA* (NEMERTEA: PALAEONEMERTEA)
USING A DNA METABARCODING APPROACH**

Melnikova D.I., Chernyshev A.V., Magarlamov T.Yu. 182

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КЕФАЛЕЙ РОДА *LIZA* КАСПИЙСКОГО И КРАСНОГО МОРЕЙ**

Можарова А.В., Крючков В.Н. 184

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ	
<i>Мурзаева М.Ш., Козлова Е.В.</i>	187
АНТРОПОГЕННЫЙ РАФТИНГ АКТИНИЙ В ТИХОМ ОКЕАНЕ: ПЕРВАЯ НАХОДКА АКТИНИЙ РОДА DIADUMENE, АССОЦИИРОВАННЫХ С ПЛАСТИКОВЫМ МУСОРОМ, В РАЙОНЕ ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА	
<i>Немцева А.К., Волкова А.Л., Даутова Т.Н.</i>	189
ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОД ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2021 ГОДА	
<i>Огнистая А.В., Орлова Т.Ю.</i>	191
ДИВЕРГЕНЦИЯ ПАЛЕАРКТИЧЕСКИХ И НЕАРКТИЧЕСКИХ ГОЛЬЦОВ РОДА SALVELINUS	
<i>Олейник А.Г.</i>	192
ПЕРВОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПРИСУТСТВИЯ ФИКОТОКСИНОВ У МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЧУКОТКИ	
<i>Орлова Т.Ю., Стоник И.В., Зверева А., Подоба А., Зинов А., Петрова И.Ю.</i> ..	195
ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОФИТОБЕНТОСА МОРСКИХ ОХРАНЯЕМЫХ АКВАТОРИЙ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)	
<i>Евстигнеева И. К., Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Танковская И. Н.</i>	198
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПИГМЕНТА У СЕМИ ВИДОВ НЕМЕРТИН ИЗ РАЗНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП	
<i>Переверзева А. О., Магарламов Т. Ю.</i>	201
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛОТНОСТЬ КЛЕТОК И ВНУТРИКЛЕТОЧНОЕ СОДЕРЖАНИЕ САКСИТОКСИНА У ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ ALEXANDRIUM CATENELLA В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОЙ КУЛЬТУРЫ	
<i>Подоба А. В., Зверева А. Ю., Стоник И. В., Орлова Т. Ю.</i>	203
МОРСКИЕ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ (НАРТИСТА, CENTROPLASTHELIDA) С RAPHIDOCYSTIS-ПОДОБНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ	
<i>Полузеров С. А., Драчко Д. О.</i>	206

ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО БИОТЕСТА ПО МЕТОДУ КОГУРЕ НА КЛЕТОЧНОЙ ЛИНИИ NEURO-2A ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЩЕЙ И СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕТРОДОТОКСИН-СОДЕРЖАЩИХ ЭКСТРАКТОВ <i>Пузанов М. С., Магарламов Т. Ю.</i>	208
PRIONOSPIO (ANNELIDA: SPIONIDAE): ПУТЕШЕСТВЕННИКИ ИЛИ ПАТРИОТЫ? <i>Радашевский В. И., Панькова В. В., Полякова Н. Е.</i>	210
АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ВОСЬМИЛУЧЕВЫХ КОРАЛЛОВ ГАЙОТА КОКО (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ, СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА) <i>Родькина С. А., Даутова Т. Н.</i>	211
ДИНАМИКА ДОННЫХ СООБЩЕСТВ КАРСКОГО МОРЯ <i>Руднева Е. В., Удалов А. А., Залота А. К., Чикина М. В.</i>	213
ФАУНИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНОВ ХОЛОДНЫХ МЕТАНОВЫХ И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ВЫХОДОВ БЕРИНГОВА МОРЯ <i>Рыбакова Е. И., Крылова Е. М., Мордухович В. В.</i>	216
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ АПИКАЛЬНОГО ОРГАНА ЛИЧИНКИ ПАЛЕОНЕМЕРТИНЫ <i>SERHALOTHRIX</i> CF. <i>SIMULA</i> ДЛЯ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА <i>Сабуцкая М. А., Магарламов Т. Ю.</i>	221
РАСКОРМ ПТЕНЦОВ ПИНГВИНОВ ГУМБОЛЬДТА (<i>SPHENISCUS HUMBOLDTI</i>) В ПРИМОРСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ <i>Сабуцкая М. А.</i>	223
НАХОДКА БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА <i>PATELLA ULYSSIPONENSIS</i> GMELIN, 1791 (GASTROPODA: PATELLIDAE) В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ КАВКАЗСКОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ <i>Селифонова Ж. П., Полтаруха О. П.</i>	225
ОСОБЕННОСТИ ЗАРАЖЕНИЯ ЧЕРНОМОРСКОГО ГРЕБНЕВИКА <i>PLEUROBRASCHIA PILEUS</i> (O. F. MÜLLER, 1776) НЕМАТОДОЙ <i>HYSTEROTHYLACIUM ADUNCUM</i> (RUDOLPHI, 1802) В ЛЕТНИЙ СЕЗОН <i>Силаков М. И., Темных А. В., Завьялов А. В., Чудиновских Е. С.</i>	228
ОСОБЕННОСТИ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ РЕАКЦИИ ЖЕЛЕТЕЛОГО МАКРОПЛАНКТОНА АРКТИКИ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОГО ДНЯ <i>Силаков М. И., Темных А. В.</i>	231

ЗАВИСИТ ЛИ УСПЕШНОСТЬ ПРИКРЕПЛЕНИЯ И ВЫЖИВАНИЯ БАЛАНУСА <i>HESPERIBALANUS HESPERIUS</i> ОТ ОБИЛИЯ ОСОБЕЙ СВОЕГО ВИДА В ЭПИБИОЗЕ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА?	
<i>Силина А. В.</i>	234
ИНДУКЦИЯ ГЕНЕРАТИВНОЙ ТРИПЛОИДИИ У ТИХООКЕАНСКИХ УСТРИЦ <i>CRASSOSTREA GIGAS</i> МЕТОДОМ ТЕПЛООВОГО ШОКА	
<i>Синенко А. В., Анисимова А. А., Лескова С. Е., Дмитриева И. А.</i>	237
ПОЛИКУЛЬТУРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ МОРСКИХ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ЭКСПОЗИЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ	
<i>Соколов А. С.</i>	240
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КУРИЛЬСКОГО ПОДВИДА ОБЫКНОВЕННОГО ТЮЛЕНЯ (<i>RHOCA VITULINA STEJNEGERI</i>) ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МЕЧЕНИЯ	
<i>Соловьева М. А., Ильина П. О., Мамаев Е. Г., Рожнов В. В.</i>	242
О ПОИМКЕ ЛИСИЧКИ-ЛЕПТАГОНА <i>LEPTAGONUS DECAGONUS</i> (AGONIDAE, COTTOIDEI, PERCIFORMES) В ВОДАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>Соломатов С. Ф.</i>	244
ОПИСАНИЕ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА ИНТЕГУМЕНТА СИМБИОТИЧЕСКИХ НЕМЕРТИН РОДОВ <i>CARCINONEMERTES</i> И <i>ASTERONEMERTES</i> (HOPLONEMERTEA)	
<i>Сошникова П. Д., Магарламов Т. Ю.</i>	246
ФЛОРОТАННИНЫ ИЗ МОРСКОЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ <i>SARGASSUM PALLIDUM</i> – КОРРЕКТОРЫ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ	
<i>Спрыгин В. Г.</i>	248
ГЛУБОКОВОДНЫЕ КРАБЫ <i>MACROREGONIA MACROCHIRA</i> SAKAI, 1978 НА ГАЙОТАХ ДЖИНГУ И ОДЖИН (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ)	
<i>Стеблина Т. И., Егорова Е. Л.</i>	251
ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭМПИРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС В ПРАКТИКЕ АКВАРИУМИСТИКИ И ИХТИОПАТОЛОГИИ	
<i>Степаньков А. П.</i>	253
ФОРМИРОВАНИЕ ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАЧАТКЕ ДЕФИНИТИВНОГО ТЕЛА МОРСКИХ ЕЖЕЙ	
<i>Танкович А. Е.</i>	256

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР БУХТЫ АЛЕКСЕЕВА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ <i>Тарасова Т.С., Щербаков И.А., Омелаева С.Е.</i>	258
ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ПИТАНИИ ГРЕБНЕВИКА <i>VEROE OVATA</i> BRUGUIERE, 1789 ОДНОРАЗМЕРНЫМИ ЧЕРНОМОРСКИМИ ГРЕБНЕВИКАМИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД <i>Темных А. В., Силаков М. И.</i>	260
ПЕРВОЕ В РОССИИ РАЗВЕДЕНИЕ <i>GNATHANODON SPECIOSUS</i> (FORSSKAL, 1775) <i>Трубицин В. Ю.</i>	263
ВЕРХНИЙ ПРОФИЛЬ СПИННОГО ПЛАВНИКА <i>ALECTRIAS CIRRATUS</i> (LINDBERG, 1938) ИЗ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) <i>Тупчий В. В., Баланов А. А.</i>	267
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СУРИНАМСКОГО ЛОБОТА <i>LOBOTES SURINAMENSIS</i> (TELEOSTEI: LOBOTIDAE) И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНУЮ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА В СВЯЗИ С ЕГО НАХОДКАМИ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ <i>Туранов С. В., Колтун А. В.</i>	269
АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ ТКАНЕЙ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>CORBICULA JAPONICA</i> <i>Тюнина М. А., Караулова Е. П.</i>	271
СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ И ПРИДОННЫХ СООБЩЕСТВ МИКРОФИТОВ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ АНАПЫ И ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА СПУСТЯ 2.5 МЕСЯЦА ПОСЛЕ РАЗЛИВА МАЗУТА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ <i>Филиппова А. М., Сапожников Ф. В.</i>	274
ПЕРВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА МОНОАМИНИЛИРОВАНИЯ У БАЗАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ (ТИП PORIFERA) НА ПРИМЕРЕ БЕЛОМОРСКОЙ ГУБКИ <i>HALISARCA DUJARDINII</i> <i>Финошин А. Д., Кравчук О. И., Мельникова В. И., Никишина Ю. О., Сутормин Д. А., Михайлов К. В., Люпина Ю. В.</i>	276
МОРФОЛОГИЯ И ИНВАЗИВНОСТЬ ЦЕСТОД ВИДА <i>PTYCHOVOTHRIMUM BELONES</i> (DUJARDIN, 1845) ИЗ ТИХООКЕАНСКОГО САРГАНА <i>STRONGYLURA ANASTOMELLA</i> АМУРСКОГО ЗАЛИВА, ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО <i>Фоминов В. С., Вайнутис К. С.</i>	278

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА ЛИТОРАЛИ КУТОВОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ВОСТОК: МНОГОЛЕТНИЙ АСПЕКТ	
<i>Цурпало А. П., Костина Е. Е., Кепель А. А.</i>	281
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПЯТИ ВИДОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ	
<i>Чадова К. А., Шульгина М. А.</i>	284
МОНИТОРИНГ МИДИЙНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ	
<i>Челядина Н. С., Попов М. А.</i>	287
МЕХАНИЗМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ – КОМПАСЫ И КАРТЫ	
<i>Чернецов Н. С.</i>	290
ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА АКВАТОРИИ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА “ГЕЛЕНДЖИК” (ЧЕРНОЕ МОРЕ): РОЛЬ ВИДОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ В ПРОЦЕССАХ СЕКВЕСТИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА	
<i>Чикина М. В., Колочкина Г. А., Симакова У. В.</i>	292
САЛЬПА <i>SALPA THOMPSONI</i> FOXTON, 1966 В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ: ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2022 ГОДА	
<i>Чудиновских Е. С.</i>	294
ПЕРЕНАСЫЩЕНИЕ ВОДЫ КИСЛОРОДОМ – ОБЫЧНОЕ ЯВЛЕНИЕ В ГИПЕРСОЛЕННЫХ ЛАГУНАХ И ОЗЕРАХ КРЫМА: ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ И ЭКОСИСТЕМНАЯ РОЛЬ	
<i>Шадрин Н. В., Дьяков Н. Н., Латушкин А. А., Празукин А. В., Ануфриева Е. В.</i>	297
ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАКРОВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА <i>CLADOPHORA</i>, ОБИТАЮЩИХ В КРЫМСКИХ ОЗЕРАХ С РАЗНОЙ СОЛЕНОСТЬЮ	
<i>Шаповалова В. Е., Лантушенко А. О., Шадрин Н. В., Ануфриева Е. В.</i>	299
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПЕРВОЕ ОПИСАНИЕ ЛИЧИНОК СЕДЛОВИДНОГО БЫЧКА <i>MICROCOTTUS SELLARIS</i> (GILBERT, 1896) (TELEOSTEI, COTTIDAE)	
<i>Шелехов В. А., Подлесный А. В.</i>	301
СЕРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЫКНОВЕННОГО ТЮЛЕНЯ (<i>PHOSA VITULINA STEJNEGERI</i>) КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ	
<i>Шибанова П. Ю., Соловьева М. А., Журавлева П. С., Мамаев Е. Г., Рожнов В. В., Найденко С. В.</i>	304

ОСОБЕННОСТИ АЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО РОСТА АЗОВСКОЙ СЕРДЦЕВИДКИ <i>CERASTODERMA GLAUCUM</i> (BRUGUIERE, 1789)	
<i>Шинкаренко А. Т.</i>	306
СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ЭПИФИТОНЕ МАКРОВОДОРΟΣЛЕЙ ЛАСПИНСКОЙ БУХТЫ (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)	
<i>Широян А. Г., Бондаренко А. В., Рябушко Л. И.</i>	308
МИКРОБИОТА МОРСКОГО ЛЬДА АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ В 2021-2024 ГГ.	
<i>Юрикова Е. А., Орлова Т. Ю.</i>	311
НЕЙТРАЛЬНО-НЕНЕЙТРАЛЬНЫЕ: МИКРОСАТЕЛЛИТНЫЕ ЛОКУСЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА <i>APOSTICHOPUS JAPONICUS</i>	
<i>Ягодина В. Д., Бондарь Е. И., Брыков В. А.</i>	314
ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ ПОРТА ТУАПСЕ И ЗА ЕГО ПРЕДЕЛАМИ ВЕСНОЙ 2025 Г.	
<i>Ясакова О. Н.</i>	316
ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ	319

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПИГМЕНТЫ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Агеенко Н.В.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,*

г. Владивосток, natkiuprina@mail.ru

В настоящее время известны семь обширных групп природных пигментов морских беспозвоночных – каротиноиды (каротины, ксантофиллы), меланины, люциферины, О-гетероциклические пигменты (ауроны, О-гетероциклические фенольные соединения, флавоноиды, флавонолы, флавоны, халконы), N-гетероциклические пигменты (беталаины – бетацианины и бетаксантины, флавины, феноксазины, феиазины), тетрапирролы (биланы, корриноиды, порфирины, редуцированные порфирины) и хиноны (антрахиноны, 1,2- и 1,4-нафтохиноны, хинонимины, хинондиимины, метиленхиноны). Эти структурно разнообразные пигментные соединения полностью отличаются друг от друга по распространению в природе, путям биосинтеза, функциям и биологической активности.

Наиболее распространенными группами пигментов, встречающихся в природе, являются каротиноиды и хиноны. Каротиноидные и хиноидные соединения представляют собой два важных класса пигментных органических веществ, которые на протяжении длительного времени привлекают внимание ученых. Их значимость связана с широкими возможностями практического применения, включая использование в качестве биологически активных веществ (БАВ), лекарственных средств, красителей, реагентов в органическом синтезе и стабилизаторов в полимерной промышленности [1].

Каротиноиды – один из наиболее важных и распространенных классов пигментов растений, микроорганизмов, насекомых, рыб, птиц, и морских беспозвоночных (актинии, губки, морские ежи, морские звёзды). Каротиноидные пигменты продуцируются более чем 691 видом живых организмов. В настоящее время число известных структур каротиноидных соединений возросло до 1158, что свидетельствует о стремительном прогрессе в изучении данной группы веществ. Каротиноиды являются природными вторичными метаболитами, обладающими антиоксидантными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами. Благодаря этому каротиноидные пигменты представляют большой интерес для фармацевтической, пищевой, косметической и текстильной промышленности.

У морских беспозвоночных каротиноидная пигментация играет важную роль и является характерной чертой для представителей всех классов. Доминирующими каротиноидами для морских беспозвоночных являются кето-формы, такие как кантаксантин и астаксантин. Арильные каротиноиды (ф.χ-каротин - реньератин) являются причиной разнообразия окраски губок и других

беспозвоночных, широко распространенных в тропических морях. Например, пурпурная окраска актинии *Actinia equina* обусловлена присутствием норкаротиноидного эфира (эритрина).

Каротиноиды морских беспозвоночных в основном существуют в виде комплексов с белками. Формирование такого каротинопротеинового комплекса приводит к заметному изменению поглощения света. Эти комплексы имеют пурпурный, синий или изумрудный цвет в отличие от обычной желто-оранжевой палитры свободных каротиноидов. Каротиноидно-белковые комплексы морских беспозвоночных располагаются в панцире, эпидермальных тканях, яйцах и репродуктивных органах [1].

Состав и распределение каротиноидных пигментов внутри тела морских ежей сильно варьируются в зависимости от рода, вида и среды обитания этих морских беспозвоночных [1].

Известно, что основными каротиноидами морских ежей в гонадах, панцире и иглах являются - α -эхиненон и β -каротин, а в стенке кишечника - фукоксантинол.

Из ткани половых желез зеленого морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* были выделены и структурно определены семь каротиноидов - моноэфир астаксантина, свободный астаксантин, β -каротин, кантаксантин, зеаксантин и α -эхиненон.

В половых железах морского ежа *Evechinus chloroticus* было обнаружено пять биологически активных каротиноида - астаксантин, β -каротин, кантаксантин, фукоксантин и α -эхиненон (более 80% от общего количества экстрагированных каротиноидов).

Состав каротиноидов в икре морских ежей разнообразен и не сильно зависит от пищевого субстрата, поскольку эти пигменты синтезируются *de novo*. Основным каротиноидом икры морских ежей *Anthocidaris crassispira*, *Diadema setosum* и *Salmacis sphaeroides* является α -эхиненон.

Вторым наиболее распространенным типом природных пигментов морских беспозвоночных (морские ежи и звезды) является биосинтетически гетерогенная группа веществ – нафтохиноны. Нафтохиноидные соединения образуют новый класс высокоэффективных антиоксидантов фенольного типа, проявляющих высокую альгицидную, бактерицидную, гипотоническую, противоопухолевую и психотропную активность. Нафтохиноидные пигменты морских ежей содержатся в их пигментных гранулах, которые формируются в конце гастрюляции [2,3].

Пигментные нафтохиноны являются структурными аналогами морских алкалоидов и входят в состав ряда антибиотиков, выделенных из различных наземных и морских организмов. Особый интерес представляют производные 1,4-нафтохинона. Важность этих соединений связана с широкими возможностями их использования в качестве биологически активных веществ (БАВ), источниками которых являются обитатели крупных тихоокеанских видов — губки, моллюски и иглокожие. Нафтохиноидные пигменты являются

вторичными метаболитами, выделяемыми из этих организмов. Эти пигментные соединения выполняют защитные функции и обеспечивают устойчивость к таким угрозам, как нападения хищников, биологическое загрязнение и микробные инфекции [2,3].

Исследование биологической активности показало, что каротиноидные и хиноидные пигменты морских ежей перспективны для применения в медицине, фармакологии и биотехнологии. Дальнейшее исследование каротиноидов и нафтохиноидов морских ежей может способствовать открытию новых БАВ, созданию инновационных лекарственных средств, разработке методов биотехнологического синтеза этих пигментов для медицинского и промышленного применения.

1. Galasso C., Corinaldesi C., Sansone C. Carotenoids from marine organisms: biological functions and industrial applications // *Antioxid.* 2017. Vol. 6. No 4. P. 96. doi:10.3390/antiox6040096

2. Ageenko N.V., Kiselev K.V., Odintsova N.A. Quinoid pigments of sea urchins *Scaphechinus mirabilis* and *Strongylocentrotus intermedius*: Biological Activity and Potential Applications // *Mar. Drugs.* 2022. Vol. 20. P. 611. doi:10.3390/md20100611

3. Fedoreyev S.A., Krylova N.V., Mishchenko N.P., Vasileva E.A., Pislyagin E.A., Iunikhina O.V., Lavrov V.F., Svitich O.A., Ebralidze L.K., Leonova G.N. Antiviral and antioxidant properties of echinochrome A // *Mar. Drugs.* 2018. Vol. 16 .No. 12. P. 509. doi:10.3390/md16120509

ЗЕЛЕННЫЕ НИТЧАТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ *CLADOPHORA* СОЛЕННЫХ ВОД: УЩЕРБЫ ИЛИ ВЫГОДА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ануфриева Е.В., Празукин А.В., Гассиев Д.Д., Шадрин Н.В.

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г.

Севастополь, lena_anufrieva@mail.ru

Эвтрофикация ведет к интенсивному развитию нитчатых водорослей рода *Cladophora* в водоемах с разной соленостью. Отмирание кладофоры после вспышек интенсивного развития снижает эстетическую ценность пляжей и возможности их рекреационного использования (примеры: Анапа, Черное море, многочисленные пляжи Балтийского моря), вредит прибрежному рыболовству и т.д. Разлагающаяся биомасса кладофоры является хорошей средой для роста различных бактерий, в том числе патогенных [1]. На некоторых пляжах выброшенная биомасса кладофоры может достигать более 100 тонн на километр берега. Сбор кладофоры может быть экономически выгодным инструментом для восстановления пляжей и прилегающих эвтрофных вод, но только если собранная биомасса будет эффективно использоваться. Современная ситуация такова, что вспышки развития кладофоры, как правило, приводят к негативным последствиям с материальными убытками и тратами на устранение последствий. В то же время высокая продуктивность, экологическая толерантность и ценные компоненты в биомассе позволяют смотреть на *Cladophora* как на ценный ресурс для многоцелевого использования. Работы в этом направлении начаты во многих странах. Это практически неограниченный ресурс, например, только в гиперсоленом заливе Сиваш ежегодно производится 15 млн. тон кладофоры.

Биомасса кладофоры, благодаря ее различным компонентам, может использоваться для разных целей. Например, 15–20% сухой биомассы *Cladophora* состоит из целлюлозы, которая известна особенно высокой степенью кристалличности, прочностью на разрыв и более высокой плотностью (1.64 г/см³) по сравнению с целлюлозой наземных растений (1.56 г/см³). Высокая плотность обеспечивает относительную инертность, меньшую восприимчивость к определенным химическим воздействиям и способность поглощать влагу из воздуха по сравнению с целлюлозой наземных растений. Целлюлоза из кладофоры также отличается от древесной целлюлозы тем, что она легче диспергируется в воде после сушки и гомогенизации, при этом ее удельная поверхность достигает 95 м²/г. Благодаря этим свойствам, экстракт кладофоры можно использовать для армирования пенополиуретанов, в качестве фильтров и носителей лекарственных средств (в таблетках), для повышения вязкости и предотвращения осаждения дисперсных материалов при производстве продуктов питания, косметики, красок и фармацевтических препаратов, а также для изготовления токопроводящей бумаги и батареек. Благодаря биологически активным компонентам, кладофора имеет широкие перспективы использования

для медицинских целей [1]. Однако, по мнению авторов, использование ее в сельском хозяйстве, прежде всего в качестве кормовых добавок в животноводстве, – одно из наиболее перспективных направлений [2].

Из биомассы кладофоры, заготовленной в крымском гиперсоленом озере (соленость 60 г/л), были получены гранулы, которые использовали в кормлении кроликов и кур. 1% добавка в рацион не только улучшала физиологическое состояние и иммунитет животных, но и давала увеличение выхода мяса на 10–14% [3]. Яйценоскость кур-несушек увеличивалась на 37%. Содержание йода в мясе и яйцах увеличивалось при этом в 3–10 раз, что важно, если учесть, что около 70% населения России, как и планеты в целом, в той или иной степени испытывают дефицит йода. Для достижения полноценного питания растущего населения необходим дальнейший рост животноводческой отрасли, которая уже сейчас является одной из самых вредных для окружающей среды. Сельское хозяйство обеспечивает около 70% мирового потребления человеком пресной воды, при этом на долю животноводства приходится около 75% всех используемых сельскохозяйственных земель и около 30% потребления воды [2, 3]. Во многих странах дефицит полнорационных кормов оценивается в пределах от 10 до 25%, а среди используемых кормов не менее 95% составляют зерновые культуры. Поскольку расширение пахотных земель для производства кормов приводит к росту дефицита пресной воды и разрушению естественных экосистем, актуальна проблема поиска альтернативных способов обогащения кормовых ресурсов за счет естественных экосистем. В первую очередь следует обратить внимание на биологические ресурсы соленых вод, поскольку их использование не требует дополнительного увеличения пахотных земель или пресной воды. Одним из наиболее перспективных ресурсов для такого использования могут быть высокопродуктивные зеленые макроводоросли, в том числе кладофора. Использование кормовых добавок из кладофоры способно повысить рентабельность животноводства – экономическая выгода [2, 3]. Увеличение продуктивности животных без расширения пахотных земель и потребления пресной воды – экологическая выгода, а увеличение содержания йода в продуктах животноводства – улучшение общественного здоровья. Концентрация йода в биомассе тем больше, чем выше соленость, поэтому для борьбы с дефицитом йода можно использовать только кладофору из достаточно соленых водоемов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

1. Prazukin A.V., Anufrieva E.V., Shadrin N.V. Is biomass of filamentous green algae *Cladophora* spp. (Chlorophyta, Ulvophyceae) an unlimited cheap and valuable resource for medicine and pharmacology? A review // Rev. Aquac. 2020. Vol. 12, iss. 4. P. 2493–2510.

2. Prazukin A.V., Anufrieva E.V., Shadrin N.V. Biomass of *Cladophora* (Chlorophyta, Cladophorales) is a promising resource for agriculture with high

benefits for economics and the environment // *Aquac. Int.* 2024. Vol. 23. Iss. 3. P. 3637–3673.

3. Остапчук П.С., Шадрин Н.В., Празукин А.В., Ануфриева Е.В., Куевда Т.А., Фирсов Ю.К., Зубоченко Д.В., Макалиш Т.П. Влияние добавок зеленой нитчатой водоросли *Cladophora* в рацион молодняка кроликов на их рост и развитие // *Аграрный вестник Урала*. 2025. Т. 25. № 1. С. 61–73. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-61-73>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ НЕМЕРТИН *CARCINONEMERTES* SP. (NEMERTEA: CARCINONEMERTIDAE) ИЗ КРАБОВ РОДА *HEMIGRAPSPUS* В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ

Афанасьев К.А.¹, Вайнутис К.С.^{1,2}

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз), kafanasev39@gmail.com

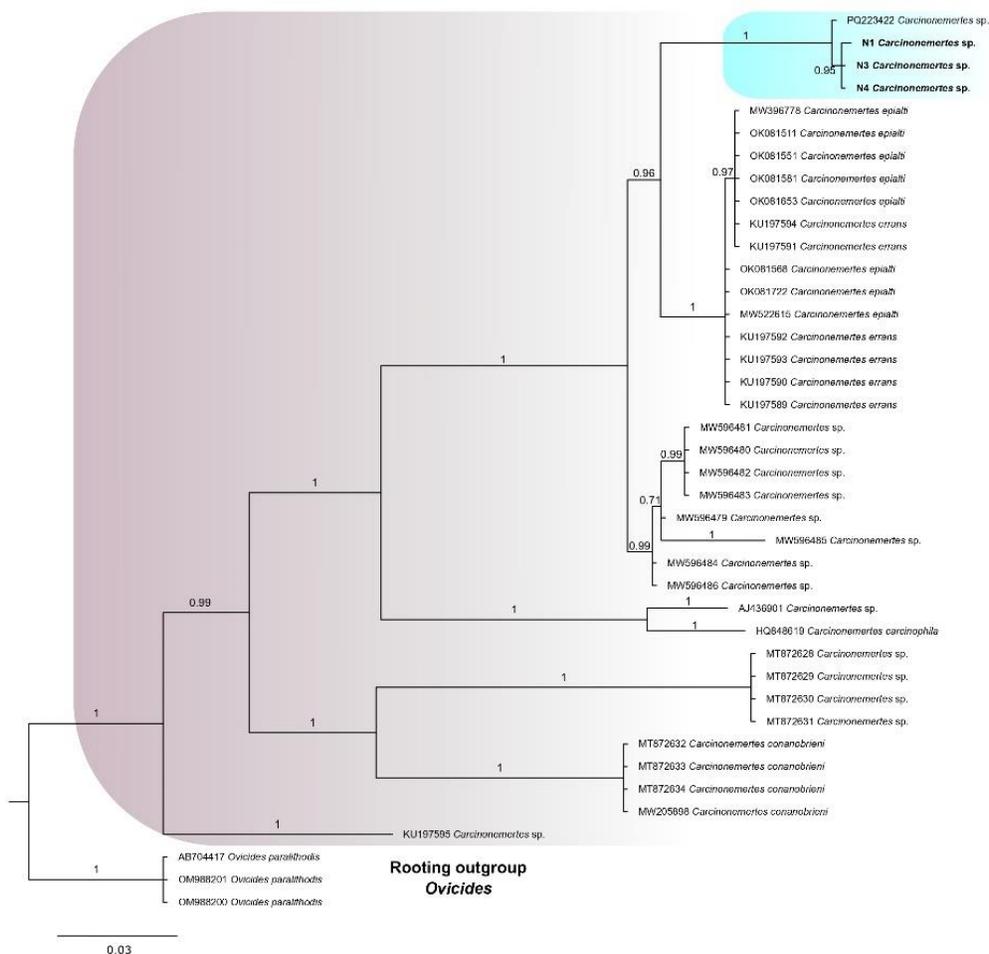
Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, vainutisk@gmail.com

Немертины рода *Carcinonemertes* были извлечены из двух видов крабов (*Hemigrapsus sanguineus* и *H. penicillatus*) поздней весной 2024 г. в период нереста крабов в Амурском заливе, пляж Чайка. Немертины локализовались в икре под абдоменом самок крабов.

Тотальную ДНК выделяли методом щелочного лизиса из шести образцов *Carcinonemertes* sp. [1]. Проведена классическая ПЦР с применением «фолмеровских» праймеров для получения баркодингового участка гена *cox1* мтДНК [2]: прямой LCO1490 (5'-GGTCAACAATCATAAAGATATTGG-3') и обратный HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACSSAAAAAATCA-3'). Сборка и выравнивание нуклеотидных последовательностей были проведены в программе MEGA11 [3]. Филогенетическая реконструкция выполнена в программе MrBayes v. 3.1.2 [4].

Немертина *Carcinonemertes* sp., впервые обнаруженная в 2014 году в бухте Восток Японского моря [5], была диагностирована нами в Амурском заливе у двух видов крабов рода *Hemigrapsus*. Точная видовая принадлежность немертин была определена на основе баркодингового фрагмента гена *cox1* мтДНК. Для филогенетического анализа из базы данных GenBank было выгружено 37 нуклеотидных последовательностей родов *Carcinonemertes* и *Ovicides* семейства Carcinonemertidae. Генетические расстояния внутри семейства не превышали 20%, минимальные значения в пределах 6–7%. Расстояния между изолятами *Carcinonemertes* sp. из бухты Восток и пляжа Чайка – 0.17–0.34%; между двумя гаплотипами пляжа Чайка – 0.17%.

Филогенетическое древо разделено на две основные клады, содержащие роды *Carcinonemertes* и *Ovicides* (рис.). Наши образцы кластеризовались с высокой статистической поддержкой в группе видов, состоящей из двух подгрупп: первая – *C. errans* и *C. epialti*; вторая – *Carcinonemertes* sp. из бухты Восток и пляжа Чайка. Последний представлен тремя гаплотипами, отличающимися одной нуклеотидной заменой: один гаплотип с транзицией типа G-A в бухте Восток; два гаплотипа с транзицией типа A-G в акватории пляжа Чайка.



Филогенетическое древо для семейства Carcinonemertidae, реконструированное методом Байесовского Вывода на основе «фолмеровского» фрагмента гена *cox1* мтДНК

На данный момент из 17 номинальных видов *Carcinonemertes* генотипированы лишь четыре: *C. conanobrieni*, *C. carcinophila*, *C. errans* и *C. epialti*. Из пяти видов *Ovicides* генотипирован лишь один вид *O. paralithodis*. Для более точной оценки генетических расстояний и анализа филогенетических связей семейства Carcinonemertidae должны быть генотипированы все известные виды. При этом следует применять интегративный подход с включением данных по жизненным циклам, морфологии и морфометрии карцинонемертид. В дальнейшем планируется проведение исследования гаплотипического разнообразия немертины *Carcinonemertes* sp. на основе выборок из бухты Восток и пляжа Чайка.

Исследование выполнено в рамках темы НИР № 896/2025 «Исследование паразитофауны гидробионтов бухты Горностаи Японского моря» за счёт средств гранта для студентов Дальрыбвтуза.

1. Truett G.E. Preparation of genomic DNA from animal tissues // In: J. Kieleczawa (Ed.) *The DNA Book: Protocols and Procedures for the Modern Molecular Biology*. Udbury, Massachusetts: Jones & Bartlett Publisher. 2006. C. 33–46.
2. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 1994. Vol. 3, is. 5. P. 294–299.
3. Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis Version 11 // *Mol. Biol. Evol.* 2021. Vol. 38, is. 7. P. 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
4. Huelsenbeck J.P., Ronquist F., Nielsen R., Bollback J.P. Bayesian inference of phylogeny and its impact on evolutionary biology // *Science*. 2001. Vol. 294. P. 2310–2314. <https://doi.org/10.1126/science.1065889>
5. Chernyshev A.V. Nemertean biodiversity in the Sea of Japan and adjacent areas // In: S. Sun, A.V. Andrianov, K.A. Lutaenko, X.X. Sun (Eds.). *Marine Biodiversity and Ecosystem Dynamics of the North-Western Pacific Ocean*, Chapter 8. Beijing: Publishing House of Science. 2014.

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОМОЛОГОВ ИЗ
ОСАДОЧНОГО МЕТАГЕНОМА «ЗАМКА ЛОКИ» В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА ПЛАЗМИДНОЙ ДНК-
ЛИГАЗЫ *ALTEROMONAS MEDITERRANEA***

Ашина Н.П.¹, Рязанцев М.А.², Назипова Н.Н.³, Лу И.-Х.⁴, Ван Дж.⁵,

Дроздов А.Л.⁶, Зимин А.А.¹

*¹Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина
РАН – обособленное подразделение Пушчинского научного центра
биологических исследований РАН, г. Пушкино, zimin@ibpm.pushchino.ru*

*²Пушчинский государственный естественно-научный институт –
филиал Российского биотехнологического университета, г. Пушкино*

*³Институт математических проблем биологии РАН – филиал
Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва*

⁴Shanghai Normal University, Shanghai, China

⁵Tolo Biotech, Shanghai, China

*⁶Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток, anatoliyld@mail.ru*

Эволюционная история полинуклеотидлигаз может отражать различные древние процессы эволюции клетки и вирусов. Метагеном донных отложений «Замка Локи» в северной части Срединно-Атлантического хребта послужил источником генетических сведений, которые позволили обнаружить новую большую группу архей, так называемых «локиархеонов». Это открытие соединило архей и эукариот в одну совместную филу. В данной работе мы использовали исследование этого морского осадочного глубоководного (2352 м) метагенома для поиска древних последовательностей, гомологичных ДНК-лигазам бактериальных плазмид. При исследовании этого метагенома с помощью программного средства PSI-BLAST было выявлено 17 гомологов ДНК-лигазы плазмиды *Alteromonas mediterranea*. С помощью пакета программ MegaX мы исследовали сходство этих аминокислотных последовательностей осадочной глубоководной микробиоты с ДНК-лигазами бактериофагов. Было показано, что 11 гомологов существенно эволюционно удалены от каких-либо фаговых ДНК-лигаз. Также было показано, что 6 морских арктических осадочных гомологов плазмидной ДНК-лигазы *A. mediterranea*, а именно, METZ01 LOCUS247375, METZ01 LOCUS271219, METZ01 LOCUS405285, METZ01 LOCUS284987, METZ01 LOCUS273079, METZ01 LOCUS222127, проявляют существенное сходство с ДНК-лигазами бактериофагов *Ochrobactrum phage vB OspM OC* и *Ruegeria phage RpAliso*. Можно предположить, что эти шесть последовательностей принадлежат бактериям или бактериофагам. Остальные 11 последовательностей предполагается исследовать на их сходство с ДНК-лигазами архей, вирусов архей, эукариотическими ДНК-лигазами и ДНК-лигазами эукариотических вирусов. Такое исследование может

обнаружить аминокислотные последовательности древних полинуклеотидлигаз и исследовать их свойства как с помощью методов биоинформатики, так и при использовании синтеза их генов с помощью методов биохимии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00205, <https://rscf.ru/project/24-26-00205/>

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В КРОНОЦКОМ ЗАЛИВЕ В ВЕСЕННИЕ МЕСЯЦЫ 2018, 2019, 2021 И 2023 ГГ.

Базаркина Л.А., Тепнин О.Б., Блохин И.А.

*Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»), г.
Петропавловск-Камчатский, l.bazarkina@kamniro.vniro.ru*

В Кроноцком заливе Тихового океана, расположенном между Шипунским и Кроноцким полуостровами, нагуливается молодь лососевых, тресковых, камбаловых, сельдевых и других видов рыб, основной пищей которых являются планктонные организмы [1]. Трофические условия для рыб определяют промысловые запасы их поколений.

Материалом для исследований мезопланктона послужили данные гидробиологических съемок, проведенных весной 2018, 2019, 2021 и 2023 гг. на шельфе и материковом склоне Кроноцкого залива сотрудниками лаборатории морских промысловых рыб КамчатНИРО. Построение карт направления и скорости течений в Кроноцком заливе было выполнено на основании спутниковых наблюдений согласно Программе Морской службы «Коперник» (<https://www.copernicus.eu>).

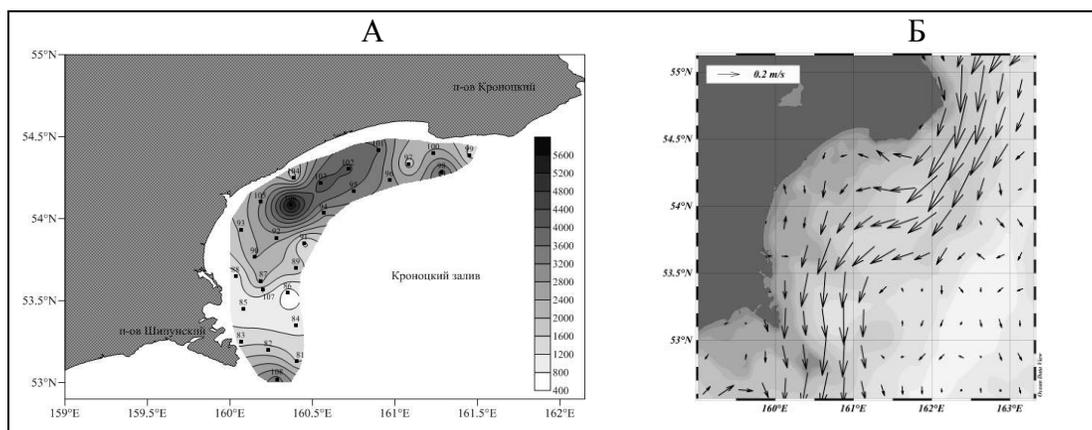
Наибольшее количество станций (28) было обследовано 24 апреля–2 мая 2018 г. Зоопланктон Кроноцкого залива состоял из 15 таксономических групп, включающих 33 формы холодноводной и умеренно-холодноводной тихоокеанской фауны, характерной для шельфовых и океанических вод. Четкого разграничения неритического и океанического сообществ в зоне надшельфовых вод залива не установлено, что вероятно обусловлено водообменом с прилегающими частями залива и экологической пластичностью популяций зоопланктонных организмов.

В водах внутреннего шельфа была высока встречаемость науплиусов усонюгих (Cirripedia), личинок брюхоногих моллюсков (Gastropoda), креветок (Macrura Natantia) и мизид (Mysida), младших копеподитов каляноид *Pseudocalanus minutus* и *Neocalanus plumchrus*; в водах внешнего шельфа – личинок иглокожих (Echinodermata), щетинкочелюстных (Chaetognatha). В срединной части шельфа (в зоне смешения) наиболее часто встречались науплиусы веслоногих (Copepoda) и эвфаузиид (Euphausiacea), гидроидные медузы (Hydrozoa), оболочники (Tunicata), личинки полихет (Polychaeta), взрослые особи планктонных ракообразных *Oithona similis*, *P. minutus*, *N. plumchrus* и *Calanus glacialis*. Присутствие океанических видов каляноид *Eucalanus bungii*, *N. cristatus* и *Metridia pacifica* в заливе вероятно обусловлено их проникновением из открытых вод по каньонам.

Средняя численность мезопланктона на акватории Кроноцкого залива весной 2018 г. составляла 2380 экз./м³. Основу зоопланктонного сообщества

залива формировали Copepoda: *C. glacialis*, *E. bungii*, *N. plumchrus*, *N. cristatus*, *P. minutus*, *M. pacifica*, *Microcalanus pygmaeus*, *O. similis* и *Triconia borealis* (1560 экз./м³). Среди веслоногих ракообразных по численности доминировала *O. similis* (810 экз./м³). *C. glacialis*, *M. pacifica*, *M. pygmaeus* и *T. borealis* встречались единично, общая численность рачков не превышала 10 экз./м³.

Пространственное распределение зоопланктона в Кроноцком заливе в апреле–мае 2018 г. было неравномерным. Максимальное количество зоопланктонных организмов 4,0–5,7 тыс. экз./м³ в центральной части залива, в районе станций 106, 103 и 102 вероятно было сформировано под воздействием прибрежной циркуляции водных масс (рис.). Здесь наиболее многочисленными были веслоногие раки: *O. similis* (970 экз./м³), *P. minutus* (610 экз./м³), *E. bungii* (200 экз./м³) и *N. plumchrus* (190 экз./м³); науплиусы и яйца эвфаузиид (860 экз./м³), личики иглокожих Asteroidea и Echinoidea (270 экз./м³) и фораминиферы (240 экз./м³). Популяция *O. similis* состояла из взрослых рачков, включая яйценосных самок. Популяции *P. minutus*, *E. bungii* и *N. plumchrus* были представлены науплиусами и копеподитами I–III стадий. Самки *E. bungii* и *N. cristatus* встречались единично. Доля прочих организмов (Cnidaria, Cirripedia, Gastropoda и Chaetognatha) не превышала 3% общей численности зоопланктона.



Распределение численности зоопланктона (экз./м³) (А) и карта направления течений (Б) в Кроноцком заливе весной 2018 г.

Минимальную численность зоопланктонных организмов (менее 1 тыс. экз./м³), наблюдали над материковым склоном южной части Кроноцкого залива (станции 84–86) при вовлечении зоопланктона в прибрежный круговорот водных масс (рис.).

Сбор гидробиологических проб весной 2019, 2021 и 2023 гг. был ограничен несколькими станциями, расположенными в северном (станции 97, 98, 101), центральном (станция 105) и южном (станции 86–88) районах залива. Тем не менее, располагая сведениями о направлении течений в Кроноцком заливе в весенние месяцы вышеуказанных лет, можно предположить, что при

сходстве направления течений в прибрежной зоне залива в 2018 и 2023 гг. количество зоопланктонных организмов в центральной части в 2023 г., как и в 2018 г., было высоким. В 2019 и 2021 гг. при отсутствии вихревых потоков в прибрежье распределение зоопланктона в центре Кроноцкого залива вероятно было близким к равномерному. Повышенные значения плотности мезопланктона у Кроноцкого полуострова (станция 98) в 2018 г. (рис.), вероятно, было обусловлено притоком зоопланктонных организмов ответвлениями Камчатского течения в сторону побережья. Подобное отклонение Камчатского течения у Кроноцкого полуострова было отмечено в 2021 г., что полагает формирование скоплений зоопланктона в северной части Кроноцкого залива и в этот год наблюдений.

Таким образом, пространственное распределение планктона в Кроноцком заливе происходит под воздействием Камчатского течения и прибрежной циркуляции водных масс.

Работа выполнена в рамках раздела 12 государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00001-24-00.

1. Максименков В.В. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и прибрежье Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2007. 278 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПУТЕЙ ЭВОЛЮЦИИ БИОСИНТЕЗА СТЕРИНОВ ГОЛОТУРИЙ

Балдаев С.Н.¹, Иващенко А.И.², Исаева М.П.¹

¹*Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток, baldaevsergey@gmail.com*

²*Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, sashann2003@gmail.com*

Стерины голотурий характеризуются большим структурным разнообразием, а также нехарактерным для других классов животных строением стероидного ядра: положением двойной связи, сохранением метильных групп в C4 и C14. Кроме того, показано, что в геноме *Apostichopus japonicus* набор генов, кодирующих биосинтез стеринов и тритерпеновых гликозидов, отличается от такового в геномах морских звезд, морских ежей и человека [1,2].

Мы провели сравнительный анализ генов, кодирующих биосинтез стеринов и тритерпеновых гликозидов, в публично доступных геномах голотурий *Chiridota heheva*, *Holothuria leucospilota*, *H. scabra*, *H. ocellata*, *H. sanctori*, *Stichopus chloronotus*, морских ежей *Diadema setosum*, *Heliocidaris tuberculata*, *Lytechinus pictus*, *L. variegatus*, *Mesocentrotus franciscanus*, а также в геномах морских звезд *Asterias rubens*, *Astropecten irregularis*, *Echinaster sepositus*, *Luidia sarsi*, *Marthasterias glacialis*, *Patiria pectinifera*. В результате обнаружено, что набор генов, кодирующих биосинтез стеринов и тритерпеновых гликозидов, в классе Holothuroidea отличается не только от других классов иглокожих, но и между семействами голотурий Chiridotidae, Holothuriidae и Stichopodidae. Показанная ранее дупликация гена *osc* [1,2,3] для Stichopodidae и Sclerodactylidae отсутствует в Holothuriidae. Помимо этого, в геноме *C. heheva* были обнаружены мутации активного центра фермента OSC, отличные от таковых в генах *osc* Stichopodidae и Sclerodactylidae. Особое внимание вызывают факты как отсутствия гена, кодирующего CYP51 в Chiridotidae, ранее показанное для Stichopodidae [1,2], так и его наличие в Holothuriidae. Впервые были обнаружены дупликации гена *dhcr24* в Stichopodidae и Chiridotidae и гена *ebp* в Stichopodidae.

Таким образом, полученные результаты позволяют дать более полную характеристику биосинтеза стеринов голотурий и свидетельствуют о нескольких направлениях эволюции этого метаболического пути в голотуриях.

1. Thimmappa R, Wang, S., Zheng, M. et al. Biosynthesis of saponin defensive compounds in sea cucumbers // Nature Chemical Biology. 2022. Vol. 18. P. 774-781

2. Li Y. Wang, R., Xun, X. et al. Sea cucumber genome provides insights into saponin biosynthesis and aestivation regulation // Cell Discovery. 2018. Vol. 4. №. 1. P. 29.

3. Baldaev S.N, Chausova, V. E., Isaeva, K.V. et al. Structure of genes encoding oxidosqualene cyclases— key enzymes of triterpenoid biosynthesis from sea cucumber *Eupentacta fraudatrix* // Int. J. Mol. Sci. 2024. Vol. 25(23). P. 12881.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД МИРОВОГО ОКЕАНА НА СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МОРСКИХ ДЕЛЬФИНОВ

Баркина Д.Ю.¹, Баркина М.Ю.¹, Баркина Н.В.²

*¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
marybarkin@yandex.ru*

*²Владивостокский государственный университет, г. Владивосток,
nbark1103@gmail.com*

Дельфины – водные животные, млекопитающие из отряда китообразных. Подразделяются на 43 вида, 38 из них принадлежат к семейству морских дельфинов.

Современные дельфины сталкиваются с серьёзными угрозами для их жизни. Одна из главных угроз – загрязнение воды: промышленные, сельскохозяйственные отходы, а также пластиковый мусор загрязняют океаны, отравляя дельфинов и лишая их пищи.

В телах дельфинов обнаружены следы полихлорированных бифенилов (ПХБ) – стойких химических соединений, не склонных к разрушению под воздействием высоких температур. Эти вещества применялись и могут содержаться в электрооборудовании, красках и пластике. Запрет на них ввели только в 2001 г. после подписания международного природоохранного договора в Стокгольме. ПХБ скапливаются в жировых тканях животных и передаются по пищевой цепи. Эти соединения поражают иммунную и репродуктивную системы, ослабляется защита организма и, как следствие, возрастает уязвимость перед инфекциями. Было установлено: чем выше уровень ПХБ в жировой ткани и температура воды, тем возрастает риск, что любая инфекция для дельфина станет летальной. Рост температуры поверхности океана на 1°C повышает риск летального исхода на 14%. Команда учёных Лондонского зоологического общества установила, что минимальное количество токсичных веществ в организме дельфина, после которого они начинают вредить здоровью составляет 22 мг на кг жира. Средний уровень таких веществ у дельфинов, выброшенных на берег, составлял 32,15 мг на 1 кг жира. Следовательно, большинство дельфинов морей Мирового океана уже в зоне риска. Дельфины как живые датчики океана, они питаются рыбой, которая уже содержит токсины – и эти вещества концентрируются в их жире. Дельфины испытывают проблемы, которые не видны сразу, но влияют на всю экосистему. В настоящее время в окружающую среду попадают перфторалкильные и полифторалкильные соединения (ПФАС) – «вечные химикаты» - они очень стойкие и опасны для морских обитателей.

Современная экологическая проблема сокращения популяций морских дельфинов требует безотлагательного решения при участии мирового сообщества экологов и зоологов. Сокращение выбросов загрязняющих веществ и пластикового мусора поможет сохранить океан. Только совместными усилиями мы сможем предотвратить дальнейшее вымирание и сохранить популяцию морских дельфинов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ ЯПОНОМОРСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *THYSANOCARDIA* (SIPUNCULA: GOLFIGIIDAE)

Бахрутдинова А. А.¹, Винников К. А.¹, Майорова А. С.²

¹*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
bakhrutdinova.aa@dvfu.ru*

²*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, anastasia.mayorova@gmail.com*

Сипункулиды (Sipuncula) – класс морских организмов, повсеместно распространённых в Мировом океане и ведущих скрытый и малоподвижный образ жизни в субстрате, питаясь в основном детритом из поверхностного слоя грунта [2]. Сегодня в систематике сипункулид, основываясь на генетических исследованиях, происходит ревизия с пересмотром таксономического статуса многих видов [1, 3].

Целью настоящей работы является сравнительный анализ полных митохондриальных геномов двух морфотипов *Thysanocardia nigra* (Golfingiidae) из Японского моря с другими видами сипункулид. В задачи исследования входили: 1) сборка полных митохондриальных геномов из данных высокопроизводительного секвенирования; 2) аннотация митохондриальных геномов; 3) анализ генетической изменчивости *T. nigra*; 4) сравнительный митогеномный анализ представителей сипункулид, включая *T. nigra*; 5) предложение гипотезы о таксономическом статусе *T. nigra* на основании полученных данных.

В качестве материала были взяты особи двух морфотипов *T. nigra* (*Tn* – с коротким интровертом и *Tsp* – с длинным), зафиксированные в 70% этиловом спирте. В ходе выполнения работы для получения полной последовательности митохондриальной ДНК исследуемых сипункулид проводилось полногеномное секвенирование. В качестве референсных последовательностей для сборки и аннотации были взяты митохондриальные геномы других представителей из типа Annelida: *Phascolosoma*, *Sipunculus*, *Urechis*, *Eurythoe*, *Marphysa*.

Было установлено, что митохондриальные геномы морфотипов *Tn* и *Tsp* (рис.) имеют существенные различия в своей структуре. Отмечается как высокая изменчивость в частоте нуклеотидных замен, так и факт, что сама длина митохондриальных геномов морфотипов различается более чем на 1000 п.н. Данное различие объясняется наличием большого некодирующего участка у всех особей морфотипа *Tn*.

Нами было выявлено, что у всех анализируемых особей *Tn* и *Tsp* прослеживается стабильное различие по длине некодирующего участка. Некодирующие участки в митохондриальных геномах были также обнаружены у проанализированных в работе видов рода *Phascolosoma*. Различий по расположению генов тРНК и рРНК в митогеномах *Tn* и *Tsp* обнаружено не было,

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

Блиновская Я.Ю.¹, Майсс А.А.²

*¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
blinovskaia.iain@dvfu.ru*

*²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток, mayss.aa@dgtru.ru*

Сложность экологической ситуации в мировом сообществе, часто граничащая с экологическим кризисом, заключается в том, что негативно сказывающаяся на состоянии природной среды антропогенная деятельность прямо ухудшает качество жизни человека. Данный вопрос является предметом многолетних комплексных исследований специалистов различных отраслей научного знания в целях выхода из противоречий, складывающихся между человечеством и окружающей его средой. Рыбная промышленность не является исключением, несмотря на традиционное отнесение ее к категории неистощительных: последние десятилетия характеризуются ростом производства продукции, который сопровождается увеличением потребляемой энергии, выбросом продуктов неполного сгорания топлива, сбросом загрязненных вод и иных отходов, в том числе синтетических, включающих средства орудия лова. Все это приводит к негативному воздействию на качество морских экосистем, и, как следствие, становится одной из причин их деградации.

Несмотря на предпринимаемые меры по регулированию экологической безопасности в отрасли, их эффективность остается низкой из-за отсутствия системной информации о качественных и количественных параметрах воздействия на разных этапах производственного процесса, что осложняет получение объективных данных о влиянии рыбопромысловой деятельности на морскую среду. Учитывая, что Россия входит в топ-5 стран по добыче рыбы в мире и придерживается политики «зеленой» инициативы, оценка воздействия на морскую среду промышленного рыболовства и определение тенденций экосистемных изменений представляет собой актуальную задачу [2].

Для проведения комплексной оценки изменений морской среды, связанной с различными режимами работы на рыбном промысле требуется информация разного качества. Для установления основных тенденций, связанных с преобразованием морских экосистем, важную роль играет мониторинг окружающей среды. Получаемые при этом данные способствуют формированию представления о направленности и глубине антропогенных воздействий, обусловленных не только экосистемными особенностями, но и спецификой деятельности. Массив информации при этом значителен, что может вызвать трудности в ее интерпретации. И в этой связи эффективным

инструментом, способным не только получать оперативные данные по отдельным категориям воздействия, но и решать управленческие задачи по снижению негативных последствий, являются цифровые технологии. Информационно-аналитическое обеспечение, включающее элементы пространственной обработки данных, в том числе с использованием искусственного интеллекта, позволяет оперативно принимать решения, в том числе и на межведомственном уровне.

Анализ рыбного промысла в акваториях Дальнего Востока позволил систематизировать данные об используемых при этом судах и режимах их работы. При этом, несмотря на установленные различия в особенностях промысла, выявлены четыре основных источника воздействия на морские экосистемы:

- судовые энергетические установки, оказывающие воздействие на воздушную среду в результате выбросов отработанных газов и на водную среду через образуемые льяльные воды;
- судовая система жизнедеятельности экипажа, генерирующая сточные воды и твердые коммунальные отходы (мусор);
- судовое рыбоперерабатывающее производство, образующее технологические сточные воды и органические отходы после выпуска продукции;
- судовой промысловый комплекс, где образуются синтетические отходы от эксплуатации орудий лова.

Номенклатура и количественные параметры каждого элемента воздействия зависят от вида промысла, его продолжительности, природных условий района ведения промысла и технико-технологических параметров рыбопромысловой системы. Все это легло в основу концептуальной структуры базы данных с рабочим названием «Рыболовный флот и его воздействие на окружающую среду». Разрабатываемая система включает в себя не только набор данных, но и аналитические инструменты и алгоритмы, позволяющие рассчитать качественные и количественные параметры воздействия по каждому типу рыбопромысловой системы, а также сформировать предложения по снижению негативного воздействия на морскую экосистему.

На примере одного из крупнейших рыбных промыслов Дальнего Востока – промысле минтая, выявлено, что за период путины, длящейся 110 суток в самом большом секторе – северо-восточной части Охотского моря – работает 122 судна, представленные в основном тремя проектами: типа БАМТ (большой автономный морозильный траулер), средний рыболовный траулер и сейнер рефрижераторного типа, которые в совокупности за время путины выбрасывают в атмосферный воздух 614 тысяч тонн газообразных отходов, образуют более 51 тысячи нефтесодержащих и 85 тысяч тонн сточных вод, а также около 300 тысяч тонн биологических отходов от перерабатывающего производства [2]. При этом основная часть образуемых отходов подлежит регулированию, и либо сдается в порт, либо поступает в окружающую среду. Также образуется более 450 тонн

синтетических отходов от орудий лова, что теоретически должно сдаваться в порту специализированным организациям, однако вследствие нормативно-правовых пробелов эта неучтенная группа отходов, как правило, попадает в акваторию, создавая угрозы судоходству и являясь источником вторичного загрязнения, исследование которого, несмотря на очевидность, находится только в самом начале пути. И систематизация накопленного материала на базе единого информационного ресурса позволит ускорить принятие оптимального решения как с экологической позиции, так и с организационно-административной и технологической.

1. Майсс, А. А. Рыболовство как глобальный антропогенный фактор / А. А. Майсс, Н. А. Майсс, Я. Ю. Блиновская // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 19–20 марта 2024 года. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2024. С. 56-60.

2. Майсс, А. А. Методика оценки массы синтетических отходов, образующихся при эксплуатации разноглубинных тралов, применяемых на промысле минтая в Охотском море / А. А. Майсс // Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов: Материалы Международной научно-технической конференции, Владивосток, 26–27 октября 2023 года. Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023. С. 264-270.

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ СИМБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ У МШАНОК (BRYOZOA: CHEILOSTOMATA) ЯПОНСКОГО МОРЯ.

Богданов Е.А.¹, Вишняков А.Э.¹, Юшин В.В.², Грищенко А.В.^{2,3},
Островский А.Н.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
OdFael@gmail.com

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО
РАН, г. Владивосток, vvuushin@yandex.ru

³Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, gat1971@mail.ru

Симбиотические взаимодействия широко распространены среди колониальных фильтраторов, в том числе они известны и у мшанок [1-3]. Населяющие различные органы и структуры бактерии обнаружены в приблизительно 50 видах из 13 семейств, входящих в состав отряда Cheilostomata, и данный список продолжает пополняться. Между тем, если для одних семейств распространение симбионтов носит мозаичный характер, то для нескольких семейств из надсемейства Buguloidea (Beaniidae, Bugulidae, Candidae, Epistomiidae) присутствие симбионтов может оказаться облигатным.

В данном сообщении приводятся первые сведения о присутствии симбиотических бактерий у представителей Buguloidea из Японского моря — видов *Beania mirabilis*, *Dendrobeatia tenuis* и *Tricellaria occidentalis*. Для всех исследованных видов было характерно наличие в колониях симбиотических бактерий, которые находились в специализированных органах — фуникулярных телах [2,3]. Как и у других представителей этого надсемейства, данные органы располагались в полости аутозооидов, и представляли собой овальные образования с двуслойной стенкой. Полость фуникулярных тел содержала многочисленных симбионтов. Несмотря на общее сходство наблюдавшейся картины, нами был отмечен ряд отличий.

Так, фуникулярные тела, обнаруженные у *Beania mirabilis* (Beaniidae), всегда были парными и занимали симметричное положение в зооиде, латерально по отношению к изгибу кишечника полипида. Подобное фиксированное положение фуникулярных тел не характерно для большинства известных видов мшанок, содержащих симбионтов. В зооидах *B. mirabilis* были обнаружены как зрелые, так и деградирующие тела, что может свидетельствовать о наличии закономерных циклов развития и деградации симбионта, хорошо прослеженных у других представителей группы [2].

В колониях *Dendrobeatia tenuis* (Bugulidae) были обнаружены фуникулярные тела в процессе деградации. Такие тела характеризуются утратой бактериальных симбионтов и изменением структуры стенки данных органов. Кроме того, в вестибулуме одного аутозооида было обнаружено впячивание, содержащее скопление бактерий. Подобные впячивания, на наш взгляд, могут

указывать на способ приобретения симбионта хозяином из внешней среды, до сих пор остающийся неизвестным.

В колониях *Tricellaria occidentalis* (Candidae) обнаружены зрелые фуникулярные тела, предположительно находящиеся в процессе «деления». Для некоторых видов мшанок характерно наличие сразу нескольких таких тел в одном зооиде, однако наличие таковых, предположительно, достигается за счет множественного заражения зооида бактериями. Описанная выше находка свидетельствует о том, что увеличение числа фуникулярных тел может достигаться также за счет их деления. Помимо этого, фуникулярные тела в колониях *T. occidentalis* не встречаются в апикальных частях ветвей, что может указывать на наличие отличающегося от других видов цикла развития симбионтов.

Таким образом, первые находки симбиотических бактерий у мшанок Японского моря подтверждают высказанное ранее предположение об облигатном формировании фуникулярных тел у Buguloidea. С другой стороны, перечисленные выше отличия свидетельствуют о наличии уникальных черт в симбиотических ассоциациях, образуемых описанными выше колониальными фильтраторами.

Исследование поддержано Российским научным фондом (грант №23-14-00351).

1. Bogdanov E.A., Vishnyakov A.E., Ostrovsky A.N. From Procaryota to Eumetazoa: symbiotic associations in fossil and recent bryozoans. // *Paleontol. J.* 2022. Vol. 56. P. 836-851.
2. Bogdanov E.A., Vishnyakov A.E., Kotenko O.N., Grischenko A.V., Letarov A.V., Ostrovsky A.N. Seasonal dynamics of a complex cheilostome bryozoan symbiosis: Vertical transfer challenged. // *Scientific Reports.* 2023. Vol. 13. P. 375.
3. Lutaud G. La nature des corps funiculaires des cellularines, Bryozoaires Chilostomes. // *Arch. Zool. Exp. Gen.* 1969. Vol. 110. P. 5–30.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД КОРФО-КАРАГИНСКОГО РАЙОНА В ИЮНЕ 2024 Г.

Богданова К.В., Коваль М.В., Лозовой А.П.

Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Камчатский филиал (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, k.bogdanova@kamniro.vniro.ru

С 2021 г. сотрудниками лаборатории рыбохозяйственной экологии Камчатского филиала «ВНИРО» (КамчатНИРО) проводится ежегодный гидробиологический мониторинг зоопланктона в прибрежной зоне Корфо-Карагинского района – одного из центров воспроизводства промысловых видов тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке.

Материалом для исследований послужили пробы зоопланктона, отобранные июне 2024 г. на 30 станциях, в координатах от 57°49.033' с.ш., 162°24.764' в.д. до 60°24.430' с.ш., 166°12.654' в.д., методом вертикального тотального облова слоя 0–47 м сетью Джели с диаметром входного отверстия 26 см с последующей фиксацией проб 4%-ным формалином. Таксономический состав зоопланктона определяли под стереоскопическим микроскопом Nikon SMZ1000 в камере Богорова по стандартным гидробиологическим методикам [1, 2].

Список зоопланктона Корфо-Карагинского района насчитывал 42 таксона разного систематического ранга, из них Crustacea – 26, Hydrozoa – 9, Mollusca – 2, Rotifera – 1, Fishes – 1, Polychaeta – 1, Chaetognatha – 1, Tunicata – 1. Ракообразные были представлены веслоногими (класс Copepoda) и ветвистоусыми (отряд Cladocera) раками, гаммаридами и гипериидами (отряд Amphipoda), личинками эвфаузиид (класс Malacostraca, семейство Euphausiidae) и мизид (отряд Mysida), личинками десятиногих (отряд Decapoda) и усоногих раков (отряд Cirripedia), кумовыми раками (отряд Cumacea).

Голопланктон формировали Copepoda, которые были наиболее представительными и насчитывали 13 таксонов: *Oithona similis*, *Acartia (Acartiura) longiremis*, *Acartia (Acanthacartia) tumida*, *Centropages abdominalis*, *Eucalanus bungii*, *Eurytemora herdmanni*, *Epilabidocera* sp., *Metridia* sp., *Neocalanus plumchrus*, *Pseudocalanus minutus*, *P.major*, *Tortanus discaudatus*, *Triconia borealis*. Также в пробах присутствовали Cladocera – *Podon leuckartii* и *Evadne nordmanni*. Эвфаузиевые раки были отмечены только личинками *Thysanoessa* sp. Из щетинкочелюстных встречалась *Parasagitta elegans*, оболочников – *Oikopleura* sp., коловраток – *Synchaeta bacillifera*.

Меропланктон составляли гарпактициды (отряд Harpacticoida) – *Halectinosoma abrau*, *Zaus* sp., амфиподы (отряд Amphipoda) – *Gammarus* ident., *Themisto japonica*, личинки десятиногих раков (отряд Decapoda) – *Anomura*

ident., *Brachyura* ident., *Macrura* ident., личинки мизид (отряд Mysida) – *Xenacanthomysis pseudomacropsis*, науплиусы и личинки усоногих раков (отряд Cirripedia), личинки кумовых раков (отряд Cumacea) – *Lamprops sarsi*. Среди медуз (тип Cnidaria) были найдены *Aglantha digitale*, *Aurelia* sp., *Bougainvillia superciliaris*, *Catablema vesicarium*, *Mitrocomella polydiademata*, *Neoturris brevicornis*, *Obelia longissima*, *Rathkea octopunctata* и *Sarsia princeps*. В пробах также присутствовали личинки двустворчатых (класс Bivalvia) и брюхоногих (класс Gastropoda) моллюсков, личинки и нектохеты многощетинковых червей (класс Polychaeta), а также икра и личинки рыб.

1. Инструкция по сбору и обработке планктона. 1971. М.: ВНИРО. 82 с.

2 Краткое руководство по определению северо-западной части тихоого океана. 1990. Сост. В.И. Чучукало, М.С. Кун. Владивосток: ТИНРО. 77 с.

О ПРОБЛЕМАХ РАСШИФРОВКИ ГЕНОМА НА ПРИМЕРЕ *EUPENTACTA FRAUDATRIX*

Бойко А.В.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО
РАН, г. Владивосток, Alteroldis@gmail.com

Введение. В последние 5 лет расшифровка геномов многоклеточных стала рутинной процедурой, не требующей ни непомерных ресурсов, ни впечатляющей квалификации специалистов. Так, имея только стандартные длинные прочтения с покрытием 35-50x, даже для больших геномов можно получить сборку около хромосомного уровня с помощью Flye или Nifiasm. Однако в большей степени это касается модельных видов. При этом появляется все больше интереса к генетике многих немодельных видов, особенно промысловых, в том числе морских. Так в типе Иголокожие, ряд представителей которых изучается в прикладном аспекте, с 2020 г. число геномов выросло с трех до 16, учитывая только аннотированные. Размер генома иглокожих варьирует от 0.5 до 1.6 млрд. нуклеотидов, порядка 60-70 процентов генома представлены повторами и уровень гетерозиготности обычно более 2%. Такие характеристики в целом характерны для сложных геномов, расшифровка которых тем сложнее, чем выше уровень гетерозиготности и размер генома. Это приводит к значительно более фрагментарным сборкам по сравнению с геномами модельных видов. Другим важным аспектом успешной расшифровки генома является чистота препарата ДНК, тем более важная в случае использования нанопоровой технологии получения длинных прочтений. Спиртовые методы очистки не способны элиминировать полисахариды и полифенолы, что в конечном счете приводит к ухудшению качества прочтений, их длины и, главное, числа [1]. В данной работе будет рассмотрен ряд проблем, возникающих при расшифровке морских многоклеточных, и возможные способы их решения на примере голотурии *Eupentacta fraudatrix*.

Результаты и обсуждение. Для проверки влияния копреципитирующих с ДНК контаминантов на производительность секвенирования нанопоровым методом, ДНК была выделена с помощью ExtractDNA (Евроген) из тканей стенки тела *E. fraudatrix*. В процессе секвенирования было отмечено, что за первые 5 часов число активных пор падает в три раза. Затем из тех же тканей была выделена ДНК с помощью СТАВ/NaCl лизирующего буфера, зачастую используемого для получения препаратов ДНК растений [2]. При этом преципитация ДНК была выполнена на стеклянных бусинах, как в наборе HWM DNA Extaction from Tissue (NEB), что минимизирует фрагментацию ДНК. В случае использования СТАВ/NaCl методов экстракции за 5 часов было отмечено 10% уменьшение числа активных пор. Таким образом, методы экстракции, изначально разработанные

для растений с большим содержанием полисахаридов и полифенолов, позволяют получать ДНК с чистотой, достаточной для нанопорового секвенирования. В результате секвенирования такой ДНК на 4 ячейках MinION после фильтрации по среднему качеству Q7 было получено 71.6 млрд нуклеотидов с N50 равным 14 тысяч нуклеотидов.

Затем, с помощью коротких прочтений MGI и анализа частот k-меров, было выяснено, что размер генома *E. fraudatrix* находится в диапазоне 1.3-1.6 млрд. нуклеотидов, порядка 60-65% генома представлены повторами и уровень гетерозиготности достигает 5%. Результатом такого высокого уровня гетерозиготности стал тот факт, что при сборке с помощью Flye, hifiasm или Verkko была получена почти полностью диплоидная сборка. Так, Flye сформировал сборку с суммарной длиной 3.2 млрд. нуклеотидов, N50 равным 1 млн. и состоящую из 6880 контигов. При анализе полноты восстановленности с помощью BUSCO было выявлено, что 82% коровых генов многоклеточных дублированы в сборке. Дальнейший скаффолдинг такой сборки с помощью 3D-DNA и данных Hi-C привел к формированию химерных хромосом, содержащих контиги обоих гаплотипов. Использование методов очистки генома от дубликаций, таких как purge dups, позволил сократить размер сборки до 1.8 млрд. нуклеотидов, однако оставил 8.9% дублированных коровых генов и привел к потере 3% генов.

Таким образом, чтобы сократить потери, необходимо собрать геном до хромосом раздельно для каждого гаплотипа. Одна из программ, способных на это, NarHiC, не требует наличия близкого гаплоидного генома. Так, было получено два неравновесных гаплотипа, каждый из которых представлен 23 хромосомами и имеет длину ~1.6 млрд. нуклеотидов. Дальнейшая аннотация генома была выполнена тремя методами: BRAKER3, EGAPx и Funannotate2. Каждый из вариантов аннотации был проведен двумя способами: с предсказанными по транскриптому белками *E. fraudatrix* и без. Funannotate2 предсказывает в 3-5 раз больше генов, чем у любого вида иглокожих, BRAKER3 и EGAPx производят сравнимые результаты, предсказывая около 24 тысяч генов, однако EGAPx с белками *E. fraudatrix* предсказал ~30 тысяч генов. При проверке оказалось, что из них ~6 тысяч генов на 90% лежат в областях повторов, предсказанных RepeatMasker. Вероятно, эти гены предсказаны в областях различных мобильных элементов, так как EGAPx использует упрощенный метод маскировки повторов WinMasker.

Заключение. Нанопоровое секвенирование без сомнений является мощным инструментом для сборки больших геномов. Однако особенности этой технологии диктуют высокие требования к чистоте и целостности ДНК, что приводит к необходимости использовать специфические процедуры для как минимум иглокожих, растений, грибов и членистоногих. Сборка же сложных геномов является на текущий день нерешенной проблемой, так как сочетание ошибок нанопоровых секвенаторов с высоким уровнем гетерозиготности влечет формирования некоего среднего варианта сборки

между мозаичной гаплоидной и полностью диплоидной. Полученные на примере *E. fraudatrix* данные показывают, что решение проблемы кроется в разработке методов сборки, учитывающих информацию о гаплотип-специфичных полиморфизмах.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ №25-74-00047.

1. Sawicki J., Krawczyk, K., Pauksto, Ł. et al. Nanopore Sequencing Technology as an Emerging Tool for Diversity Studies of Plant Organellar Genomes. // Diversity. 2024. Vol. 16. P. 173.

2. Michael T.P. Jupe, F., Bemm, F., et al. High contiguity *Arabidopsis thaliana* genome assembly with a single nanopore flow cell. // Nat. Commun. 2018. Vol. 9. P. 541.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ КУЛЬТУРЫ НАУПЛИУСОВ *ARTEMIA SALINA* L.

**Борисова Д.С.¹, Боцун Л.А.¹, Геворгян Т.А.¹, Карпенко А.А.¹,
Масленников С.И.^{1,2} Московко В.Е.¹, Щербина В.В.¹**

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, *mouse-ka@list.ru*, *3615-x@mail.ru*,
tagevorgyan90@gmail.com, *alex_karp@list.ru*, *721606@mail.ru*, *nika.6@mail.ru*,
Sanguinem1109@yandex.ru

²Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и
пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, г.
Владивосток, *721606@mail.ru*

Наивысшей питательной ценностью для личинок и молоди гидробионтов обладают микроводоросли, но для большинства личинок десятиногих ракообразных и рыб этот корм является слишком мелким [1]. Для повышения питательной ценности живого корма практикуются приемы обогащения организмов зоопланктона, имеющих более крупные размеры. Такие приемы используются и для науплиусов жаброногого рачка *Artemia salina* L. Науплиусы *A. salina* – один из основных видов живых кормов, применяемых при культивировании личинок и молоди гидробионтов.

Цель работы – исследовать рост, выживание и повышение питательной ценности науплиусов путем обогащения среды содержания культурой зеленых микроводорослей.

Для получения науплиусов инкубировали яйца артемии в течении 24 (серия 1) и 48 (серия 2) часов. Для обогащения использовали по четыре емкости с науплиусами и так же, по четыре емкости с контрольными объектами, то есть без среды обогащения, для каждой серии. В емкости добавляли культуру микроводорослей и экспонировали в течение 48 часов. В качестве объекта насыщения для *A. salina* использовали культуру микроводоросли *Tetraselmis* sp. Определение концентрации микроводорослей проводили по оптической плотности, с использованием спектрофотометра на длине волны 750 нм (ПЭ-5400ВИ, Экрос, Россия). Для оценки повышения питательной ценности использовали Рамановский микроспектрометр (inVia Reflex, Renishaw, GB). Измеряли спектр эмиссии на длине волны 532 нм для некоторых растительных и животных пигментов.

Средние размеры сухих цист артемии составили 230 ± 0.07 мкм [2]. После инкубации артемии, через 24 (серия 1) и 48 (серия 2) часов размеры были соответственно 386.33 ± 9.49 мкм и 484.33 ± 7.17 мкм. Через двое суток после инкубирования размеры обогащенной артемии из серии 1 отличались от контроля на 35 мкм, а размеры рачков из серии 2 на 76 мкм.

Выживаемость культуры рачков в серии 1 составила $94.58 \pm 0.0061\%$, концентрация микроводорослей снизилась в 1.9 раза; выживаемость науплиусов

в серии 2 составила $93.91 \pm 0.0035\%$, концентрация корма снизилась в 2.4 раза. Без среды обогащения выживаемость рачков в серии 1 составила $68.99 \pm 0.002\%$; в серии 2 составила $90.04 \pm 0.0069\%$. В процессе выедания культуры микроводорослей из среды обогащения, кишечник науплиусов и метанауплиусов наполняется, что можно наблюдать визуально под стереомикроскопом. Спектры поглощения откормленных науплиусов показывают повышение питательной ценности при использовании микроводоросли *Tetraselmis* sp. Таким образом, в проведенном эксперименте доказано накопление нутриентов микроводорослей в тканях науплиусов.

1. Bengston D.A., Léger P., Sorgeloos P. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture // *Artemia Biol.* 1991. № 11. P. 255–285.
2. Смирнов Д.Ю., Аганесова Л.О., Ханайченко А.Н. Изменчивость размерных характеристик и выживаемости науплиусов крымских артемий *Artemia* spp. (*Branchiopoda: Anostraca*) при питании микроводорослями разных видов // *Мор. Биол. журн.* 2019. Т. 4. № 1. С. 91–99.

ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ МАЛЬКОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTSCHATICUS* ВОЗРАСТОМ ОТ 2 ДО 9 МЕСЯЦЕВ В ИСКУССТВЕННОМ БИОТОПЕ

Борисова Д.С.¹, Масленников С.И.^{1,2}, Геворгян Т.А.¹

*¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, mouse-ka@list.ru*

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Биоресурсы камчатского краба в дальневосточных морях России находятся под мощным воздействием промысла. К сожалению, многие популяции этого вида утратили свое промысловое значение из-за перелова. Концепция регулирования объема промысла не дает ожидаемой эффективности в поддержании и восстановлении численности особей товарных размеров. Восстановление запасов до исторического уровня не наблюдается ни на одном, ранее эксплуатируемом промысловом районе.

Общая биология и экология камчатского краба достаточно хорошо изучены. Работы по биотехнологиям искусственного воспроизводства ведутся в странах, ведущих промысел этого вида краба: США, Япония, Норвегия, Россия. К настоящему моменту хорошо отработана биотехника выращивания личинок и получения малька камчатского краба. В то же время, успешность мероприятий по искусственному воспроизводству и марикультуре основываются на биотехнике повышения выживаемости выпускаемой в природные условия молоди гидробионтов. Пока недостаточно данных для выработки эффективной биотехники выпуска малька, присутствуют дискуссионные темы, которые требуют дальнейших исследований в этом направлении.

В работе представлены результаты по исследованию влияния плотности посадки и температуры воды на выживаемость мальков камчатского краба возрастом от 2 до 9 месяцев. Проведены исследования по оценке выживаемости сеголеток и темпов весового роста в зависимости от температурных режимов содержания. Тестировалось 3 температурных диапазона: 1 – между сублетальным 15°C и летальным 24°C; 2 – между сублетальным 15°C и оптимальным 8–10°C; 3 – оптимальный от 8 до 10°C.

Самки камчатского краба с икрой были отловлены в Уссурийском заливе (залив Петра Великого Японского моря) в последней декаде декабря 2020 г. Выход личинок из икры происходил в течение марта 2021 г. После выхода личинок из икры все самки выпускались в естественную среду обитания.

Мальков получали по отработанной методике. По достижении месячного возраста мальки в количестве 2320 экз. были перевезены в аквариальную ННЦМБ ДВО РАН, где помещены в 10 емкостей объемом 400 л и площадью дна 0.48 м², с гетерогенным субстратом из камней и раковин моллюсков. В работе исследовали две плотности посадки малька на емкость – 40 и 1000 экз. (табл.). Длительность эксперимента составила 207 сут.

Вводные данные размещения малька камчатского краба в аквариумах.

Температурный режим емкостей, Т ср., °С	Стартовая плотность посадки, экз/м ²	Количество емкостей/ площадь дна, м ²
1. 16 ± 0.15	83/2083	5/0.48
2. 12.9 ± 0.09	83	4/0.48
3. 9.7 ± 0.1	2083	1/0.48

В июле, в емкостях с режимом 1 температура воды изменялась от 16.9 до 21°C, выживаемость составляла в среднем 53.1±4.8% от начала эксперимента, средний вес малька был 0.102±0.006 г. В августе температура воды изменялась от 19.2 до 17.9°C, выживаемость составляла в среднем 32.5±5.9%, а внутри периода выживаемость мальков была 60.7 ± 4.5 %. Средний вес малька составил 0.153 ± 0.007 г. С сентября по октябрь температура воды колебалась от 17.8 до 15.7°C, итоговая выживаемость составила 26.8±8.1 %, ежемесячная выживаемость имела значение 71.2±15.1%, средний вес малька – 0.202±0.011 г. С ноября по декабрь температура воды изменялась в пределах от 15.5 до 9.2°C, итоговая выживаемость составила 7.5±3.6%, внутри периода выживаемость имела значение 20.9±9.7%, средний вес малька был 0.31±0.05 г. В январе температура воды изменялась от 12.4 до 9.2°C, итоговая выживаемость составляла 1.25±0.7%, а ежемесячная выживаемость – 16.5±11.8%. Средний вес малька увеличился до 1.2±0.2 г.

В емкости с режимом 1 и стартовой плотностью посадки 2083 экз/м² к августу итоговая выживаемость составила 1.5 %. Средний вес особей к этому периоду имел значение 0.22±0.03 г (минимальный 0.075 г, максимальный 0.538 г). К концу августа температура воды достигла 21°C, отмечена полная гибель мальков краба.

В емкостях с температурным режимом 2 в июле температура воды изменялась от 12.8 до 14.8°C, выживаемость составляла в среднем 58.1±5.4%, средний вес малька 0.139 ± 0.007 г. В августе температура воды изменялась от 14.3 до 13.2°C, выживаемость имела значение в среднем 35.0±3.0%, а внутри периода выживаемость мальков составляла 59.6±8.0%. Средний вес малька был 0.291±0.022 г. С сентября по октябрь температура воды колебалась от 13.1 до 12.5°C, выживаемость от начала эксперимента составляла 25.0±6.1%, а ежемесячная выживаемость – 72.6±18.7%, средний вес малька достиг 0.351±0.038 г. С ноября по декабрь температура воды изменялась от 12.9 до 11.7°C, итоговая выживаемость составляла 5.0±2.2%, внутри периода выживаемость мальков имела значение 27.5±16.6%, средний вес малька составлял 0.48±0.15 г. В январе температура воды изменялась от 12.1 до 11.7°C,

итоговая выживаемость была в среднем 2.5 ± 1.4 %, а ежемесячная – 29.1 ± 17.1 %. Средний вес малька имел значение 0.35 ± 0.08 г.

В емкости с температурным режимом 3 с июня по август температура воды колебалась в диапазоне от 7.2 до 7.9°C , итоговая выживаемость от начала эксперимента составила 22.0 %, средний вес малька имел значение 0.134 ± 0.01 г. С сентября по ноябрь температура воды изменялась в пределах от 8.0 до 11.9°C , выживаемость от начала эксперимента стала 1.5 %, выживаемость внутри этого периода составила 6.8 %, средний вес малька достиг 1.05 ± 0.16 г. С декабря по январь температурный диапазон воды был $10.7 - 8.5^\circ\text{C}$, итоговая выживаемость мальков снизилась до 0.8 %, тогда как ежемесячная составила 53.3 %, средний вес особи увеличился до 2.0 ± 0.6 г (минимальный 0.13 г, максимальный 5 г).

Таким образом, можно заключить, то в целом в серии с первым температурным режимом отмечается тенденция увеличения выживаемости мальков краба с возрастом на фоне снижения температуры воды, с критическим периодом в декабре. При втором температурном режиме, в целом, аналогично отмечается тенденция увеличения выживаемости мальков краба с возрастом на фоне снижения температуры воды, также с критическим периодом в декабре. Выявлено, что при низкой стартовой плотности посадки молодь камчатского краба имеет больший весовой прирост при более низкой температуре (в среднем $13.25 \pm 0.1^\circ\text{C}$). В то же время различий в выживаемости между этими двумя сериями не наблюдается.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРЫ *PORPHYRIDIUM PURPUREUM* В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Боровков А.Б., Гудвилович И.Н., Новикова Т.М., Авсиян А.Л., Клочкова В.С.

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,

г. Севастополь, biotex@ibss-ras.ru

Культивирование микроводорослей в условиях естественного освещения является основным способом получения их биомассы в промышленных масштабах. Промышленное выращивание микроводорослей в южных регионах России обычно носит сезонный характер и длится с мая по сентябрь, но при благоприятных погодных условиях, как световых, так и температурных, продолжительность сезона в тепличных комплексах может быть увеличена.

При переходе к выращиванию микроводорослей в промышленных условиях необходимым этапом является апробация процесса в пилотных установках. В этом случае выращивание микроводорослей осуществляется в установках, аналогичных промышленным, но меньшего объема, что позволяет оценить их производительность и химический состав получаемой биомассы микроводорослей, а также внести необходимые корректировки при осуществлении масштабирования процессов культивирования и избежать значительных ошибок при внедрении технологии выращивания в промышленных масштабах.

Исследовали рост красной микроводоросли *Porphyridium purpureum* (Bory de Saint-Vincent, 1797) Drew et Ross, 1965 (синоним *Porphyridium cruentum* (Gray) Naegeli, 1894) (Rhodophyta), штамм IBSS-70 из ЦКП «Коллекция гидробионтов мирового океана» ФИЦ ИнБЮМ. *P. purpureum* культивировали в условиях опытно-экспериментального микроводорослевого производства в теплице из поликарбоната ФИЦ ИнБЮМ. Культиваторами служили квадратные бассейны 1×1 м, выстеленные полиэтиленовой пленкой толщиной 150 мкм, уложенной на подготовленную поверхность. Выращивание осуществляли на питательной среде для морских красных водорослей по Тренкеншу. Получаемая биомасса микроводоросли *P. purpureum* может служить источником ряда ценных физиологически активных веществ – внеклеточных сульфополисахаридов, ненасыщенных жирных кислот, а также пигментов, относящихся к группе фикобилипротеинов (ФБП).

В ходе работы определены продукционные характеристики культуры красной микроводоросли *P. purpureum*, синтезирующей широкий спектр коммерчески значимых ценных веществ, при её выращивании в различные сезоны на юге России. Показано, что основными факторами, ограничивающими рост культуры, являются, в первую очередь, световые и температурные условия, которые оказывают существенное влияние на продуктивность культуры

микроводоросли и накладывают дополнительные требования к организации производственного процесса.

При проведении исследования получены количественные закономерности влияния притока солнечной энергии ФАР на продуктивность и продукцию В-фикоэритрина для накопительной культуры *P. purpureum*, выращиваемой в горизонтальных бассейнах. Экспериментально установлено, что с увеличением световой энергии продуктивность и продукция В-фикоэритрина линейно возрастают с 2 до 10 г СВ м⁻² сут⁻¹ и со 100 до 600 мг м⁻² сут⁻¹ соответственно. Впервые рассчитаны насыщающие и компенсационные величины энергии света, значения которых по биомассе и пигменту не совпадают.

Разработана простейшая математическая модель, позволяющая описать зависимость стационарного содержания В-фикоэритрина от суммарной энергии ФАР.

ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНА РОСТА ГИББЕРЕЛЛИНА НА СКОРОСТЬ РОСТА КУЛЬТУРЫ МОРСКОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ РОДА *TETRASELMIS*

Боцун Л.А.^{1, 2}, Масленников С.И.^{1, 2}, Московко В.Е.¹

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, 3615-х@mail.ru

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, 3615-х@mail.ru

Органические молекулы, называемые гормонами (фитогормоны – регуляторы роста растений), естественным образом синтезируются в растениях [1]. Фитогормоны эффективны как в той части растения, где производятся, так и в других частях, куда они переносятся. Гиббереллины – это гормоны, которые в низких дозах стимулируют рост и развитие растений. Наиболее явным эффектом гиббереллинов является увеличение продолжительности жизни клеток [2]. Гиббереллины контролируют рост и другие физиологические процессы и могут быть эффективны даже при очень низких концентрациях. Микроводоросли, применяемые в качестве живого корма в аквакультуре, чувствительны к составу питательной среды и могут изменять скорость роста под воздействием фитогормона. Регулирующее действие гиббереллинов хорошо изучено на высших растениях и на пресноводных микроводорослях. Влияние же фитогормонов на рост морских микроводорослей изучено слабо [3].

Целью данной работы было изучить влияние разных концентраций фитогормона гиббереллина на культуру морских микроводорослей рода *Tetraselmis*.

Работа проходила в аквариальной ННЦМБ. Культура микроводорослей рода *Tetraselmis* была взята из коллекции морского биобанка (<https://marbank.dvo.ru/index.php/ru>) и содержалась на питательной среде *f*, при температуре 22±1°C. Гиббереллиновая кислота GA3 90% активного вещества была приобретена на сайте <https://greenagrolab.ru>.

Приготовление рабочего раствора из гиббереллиновой кислоты происходило путем добавления 0.4 г вещества в 5 мл этилового спирта. После полного растворения гиббереллиновой кислоты дистиллированной водой доводили объем до 200 мл.

Эксперимент с суспензией микроводорослей был поставлен в колбах Эрленмейера объемом 300 мл в двух повторностях. Начальная плотность микроводорослей составляла в среднем 0.015 ± 0.003 у.е. ≈ 19 тыс. кл./мл. Концентрации добавленного раствора с гиббереллином составляли 0.007 мг/л, 0.014 мг/л, 0.028 мг/л и 0.056 мг/л. Контроль был без добавления фитогормона. Эксперимент проходил в течение 15 сут. Замеры плотностей микроводорослей в каждой колбе производили с помощью спектрофотометра ПЭ-5400ВИ на длине волны 750 нм (OD750) в стеклянных кюветах с оптическим путем 10 мм, через сушки.

В контрольной группе рост микроводорослей происходил плавно. Максимальная плотность (0.657 у.е. \approx 2800 тыс. кл./мкл) зафиксирована на 15 сут эксперимента.

При добавлении 0.007 мг/л максимальная плотность (0.692 у.е. \approx 2890 тыс. кл./мкл) зафиксирована также на 15 сут эксперимента. При добавлении 0.014 мг/л максимальная плотность (0.727 у.е. \approx 3100 тыс. кл./мкл), зафиксирована на 15 сут. При добавлении 0.028 мг/л максимальная плотность (0.749 у. е. \approx 3250 тыс. кл./мкл) зафиксирована на 13 сут. При добавлении 0.056 мг/л максимальная плотность (0.719 у.е. \approx 2980 тыс. кл./мкл) зафиксирована на 15 сут.

В результате эксперимента выявлены наиболее влияющие на темп роста микроводорослей дозировки гиббереллина – 0.014 мг/л и 0.028 мг/л; доза 0.025 мг/л требует дополнительной проверки.

1. Чумикина Л.В. и др. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) //Химия растительного сырья. 2021. №. 4. С. 5–30.
2. Ronga D. et al. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions // Agronomy. 2019. Vol. 9. №. 4. P. 192.
3. Udayan A., Kathiresan S., Arumugam M. Kinetin and Gibberellic acid (GA3) act synergistically to produce high value polyunsaturated fatty acids in *Nannochloropsis oceanica* CASA CC201 // Algal Res. 2018. Vol. 32. P. 182–192.

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ, ИХ РОЛЬ В КЛЮЧЕВЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ

Брюханов А.Л.¹, Саввичев А.С.², Севастьянов В.С.³, Кравчишина М.Д.⁴

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г.*

Москва, brjuchanov@mail.ru

²*Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, г. Москва, savvichev@mail.ru*

³*Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, г.*

Москва, vsev@geokhi.ru

⁴*Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва,*

kravchishina@ocean.ru

С помощью высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК был изучен полный филогенетический состав микробных сообществ в подповерхностных окисленных и подстилающих восстановленных донных осадках Баренцева и Карского морей, отобранных в ходе нескольких рейсов НИС «Академик Мстислав Келдыш», в том числе у берегов архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, а также у полуострова Ямал. Показана тесная взаимосвязь различных физиологических групп микроорганизмов с биогеохимическими процессами круговорота углерода, серы и азота.

В Карском море концентрация метана в верхних окисленных горизонтах (0–5 см) донных осадков составляла около 0.02–0.04 мкМ и увеличивалась в подстилающих восстановленных горизонтах (18–20 см) до 0.1–0.7 мкМ, достигая 7.24 мкМ на горизонте 65 см у выхода из Байдарацкой губы. В Баренцевом море содержание метана в донных осадках было значительно выше – от 0.2 до 2.4 мкМ в верхних окисленных горизонтах и до 9.5 мкМ на восстановленном горизонте 16–19 см [1]. Концентрация сероводорода в восстановленных горизонтах донных осадков Баренцева и Карского морей находилась в пределах 6–153 мкМ, а скорость процесса сульфатредукции составляла от 0.2 до 27.4 мкмоль/л × сут [2].

В окисленных и подстилающих верхних горизонтах восстановленных осадков на некоторых станциях в Баренцевом море и на большинстве станций в Карском море детектировали высокую относительную численность хемолитотрофных архей семейства *Nitrosopumilaceae* (2.1–27.4% от всех чтений последовательностей гена 16S рРНК), а в восстановленных горизонтах донных осадков Байдарацкой губы Карского моря вплоть до 35.6%. Эти археи осуществляют окисление аммиака до нитрит-аниона (нитрозные микроорганизмы) и способны существовать в местообитаниях с низким содержанием кислорода, являясь микроаэрофилами. Окисление нитрита до нитрата осуществляют, по всей видимости, нитробактерии рода *Nitrospira* [1]. Среди железоокисляющих бактерий в подповерхностных горизонтах

арктических осадков были детектированы представители рода *Acidithiobacillus*, способные получать энергию за счёт окисления двухвалентного железа.

Среди строго анаэробных метаногенных архей в сильно восстановленных осадках на ряде станций Баренцева и Карского морей преобладали представители порядков *Methanosarcinales* и *Methanomassiliicoccales* (0.4–3.3% от всех чтений) [3]. Анаэробное окисление метана в восстановленных горизонтах донных осадков арктических морей осуществляют, по всей видимости, археи из групп ANME–2a–2c, относящиеся к филуму *Halobacterota*, в консорциуме с сульфатредуцирующими бактериями (СРБ) из филума *Desulfobacterota*. За аэробное окисление метана в подповерхностных горизонтах ответственны, вероятно, некультивируемые метанотрофы из кластера 3 (*Gammaproteobacteria*).

Наибольшее количество СРБ было обнаружено в донных осадках Баренцева и Карского морей на горизонте 18–20 см (вплоть до 17.4–27.6% от всех чтений последовательностей гена 16S рРНК), значительную долю из них в этих восстановленных ($E_h = -370 - -105$ mV) илах составляли представители семейства *Desulfobacteraceae* (роды *Desulfofrigus*, *Desulfoconvexum* и *Desulfosarcina*) [2], среди которых известны уникальные гиперпсихрофильные виды. На этом же горизонте осадков в акватории Карского моря детектировали некультивируемых бактерий из клады Sva1033 отряда *Desulfuromonadales* (3.9–12.5% от всех чтений), способных, согласно анализу известных геномов, к анаэробному дыханию, используя в качестве акцептора электронов элементарную серу и Fe(III). Интересно, что СРБ, относящиеся к семействам *Desulfovibrionaceae* и *Desulfobulbaceae*, многие представители которых известны своей устойчивостью к кислороду, присутствовали также в верхних окисленных (0–2 см, $E_h = 60-226$ mV) горизонтах арктических донных осадков (до 3.95% от всех чтений). Довольно многочисленными в донных осадках Баренцева моря были и некультивируемые СРБ из клад SAR324 и Sva0485 [2]. На ряде станций в семействах *Desulfobulbaceae* и *Desulfobacteraceae* большая часть СРБ также была отнесена к некультивируемым подгруппам, что свидетельствует о потенциальных перспективах идентификации, выделения и всестороннего физиолого-биохимического изучения новых таксонов СРБ, обитающих в пока ещё малоизученной области Мирового океана – арктических морях. Образующий СРБ сероводород может окисляться нитратредуцирующими бактериями из семейства *Sulfurovaceae*.

На некоторых станциях Карского моря в глубоких (от 65 см) сильно восстановленных горизонтах в значительном количестве (до 8.1% от всех чтений) детектировали бактерий рода *Thauera* (семейство *Zoogloeaceae* класса *Betaproteobacteria*), также способных к анаэробному дыханию, иногда с использованием селенита в качестве акцептора электронов. Кроме того, в восстановленных арктических донных осадках на большинстве исследованных станций часто присутствовали (1.4–8.8% от всех чтений) анаэробные хемогетеротрофные бактерии семейства *Anaerolineaceae*.

Таким образом, филогенетический состав микробных сообществ уникальной экосистемы донных осадков арктических морей существенно различается в зависимости от физико-химических условий (течений, гравитационных процессов переноса осадков, рельефа дна, E_h , наличия биогенных элементов и т.д.) в месте отбора проб и соответствующего горизонта донного осадка. Биогеохимический цикл серы в осадках морей западной части Евразийской Арктики тесно связан с анаэробным окислением метана и циклом азота, который включает окисление аммиака (как в верхних окисленных горизонтах, так и в подстилающих горизонтах с низким содержанием кислорода) и денитрификацию, сопряженную с окислением сульфида в восстановленных горизонтах донных осадков.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00334, <https://rscf.ru/project/25-17-00334/>.

1 Begmatov S., Savvichev A.S., Kadnikov V.V., Beletsky A.V., Rusanov I.I., Klyuvitkin A.A., Novichkova E.A., Mardanov A.V., Pimenov N.V., Ravin N.V. Microbial communities involved in methane, sulfur, and nitrogen cycling in the sediments of the Barents Sea // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9 (11). P. 2362.

2. Brioukhanov A.L., Kadnikov V.V., Rusanov I.I., Novigatskiy A.N., Kanapatskiy T.A., Politova N.V., Ravin N.V., Pimenov N.V. Phylogenetic diversity in sulphate-reducing bacterial communities from oxidised and reduced bottom sediments of the Barents Sea // *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2022. Vol. 115 (6). P. 801–820.

3. Брюханов А.Л., Севастьянов В.С., Кравчишина М.Д., Воропаев С.А., Душенко Н.В., Кураков А.В., Федулова В.Ю. Состав микробных сообществ цикла метана в верхних слоях донных осадков Карского моря // *Геохимия*. 2024. Т. 69 (6). С. 525–535.

**ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ЭКСПРЕССИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО
АДЕНОАССОЦИИРОВАННОГО ВИРУСНОГО ВЕКТОРА
ГИППОКАМПА МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЦНС МОЛОДИ КЕТЫ
ONCORHYNCHUS KETA ЧЕРЕЗ 6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ
ИНТРАПАРЕНХИМАТОЗНОГО ВВЕДЕНИЯ В МОЗЖЕЧОК**

Быкова М.Е., Пуцина Е.В., Шамигурина Е.В.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, Stykanyova@mail.ru*

В последние годы вирусные векторы, такие как аденовирусы (AdV) и аденоассоциированные вирусы (AAV), активно применяются в молекулярной биологии и нейробиологии для доставки генетической информации в клетки различных типов [1]. Однако, несмотря на их успешное использование в краткосрочных исследованиях, данные о долговременном сохранении вирусных частиц и поддержании экспрессии трансгенов в нервной ткани ограничены. Одной из основных проблем использования векторов является ограниченная продолжительность экспрессии, обусловленная иммунным ответом организма [2]. Костистые рыбы представляют собой перспективную модель благодаря ряду биологических особенностей – в частности, упрощённой организации иммунной системы и наличию функциональных аналогов многих человеческих генов. Изучение вирусной экспрессии в ЦНС рыб позволяет оценить влияние иммунного ответа на стабильность и эффективность продолжительной генной экспрессии.

Цель исследования заключалась в оценке способности рекомбинантного аденоассоциированного вирусного вектора гиппокампа млекопитающих (гAAV) сохраняться и обеспечивать экспрессию гена в ЦНС годовалой молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) через 6 месяцев после однократной интрапаренхиматозной инъекции в мозжечок.

В эксперименте использовали 60 годовалых мальков кеты (*O. keta*), длиной тела 18–22 см и массой 49–58 г (Рязановский рыбозаводный завод, Россия, 2022). Все процедуры проведены согласно регламенту ННЦМБ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН и одобрены Этической комиссией по обращению с животными. Для анализа трансдукции использовали рекомбинантный аденоассоциированный вирусный вектор гиппокампа млекопитающих гAAV (AAV1.Camc2a.GCaMP6f.WPRE.bGHpA, Inscorix, США), кодирующий GFP (ген зеленого флуоресцентного белка). Вектор (0.2 мкл) вводили интрапаренхиматозно в дорсальную часть мозжечка шприцом Гамильтона, контрольной группе вводили PBS (pH 7.2). Через 6 месяцев обе группы выводили из эксперимента и подвергали эвтаназии методом быстрой декапитации. Мозг фиксировали 4% раствором параформальдегида на PBS, затем выдерживали в 30% сахарозе (2 суток, 4°C). Срезы (30 мкм) готовили на микротоме Cryo-star HM 560 MB (Carl Zeiss, Германия). Количественные данные

анализировали с использованием Statistica 12, STATA 12 (StataCorp, США) и Excel 2010 (Microsoft, США). Для 3D-визуализации мозжечка применяли конфокальный микроскоп LSM 780 NLO с системой Airiskan (Carl Zeiss, Германия). Изображения обрабатывали в Axio Vision и Corel Photo-Paint 12 (Германия, Канада).

Через шесть месяцев после интрапаренхиматозной инъекции гAAV в мозжечок молодого кеты была зафиксирована стабильная экспрессия трансгена в структурах заднего и среднего мозга. Морфометрический и денситометрический анализ продемонстрировал широкое распространение вируса с наиболее высоким уровнем экспрессии в мозжечке, включая тело мозжечка, *crista cerebellum*, *fossa rhomboidea* и *granular eminences* – ключевые структуры, участвующие в моторной координации, что подтверждает долговременную персистенцию трансгена в функционально значимых зонах. Здесь размеры клеток варьировали от 9 до 14.4 мкм, оптическая плотность – 64.5 ± 7.5 ЕОП. Сходные параметры были получены в области тройничного нерва, где клетки достигали 22–48 мкм в диаметре, оптическая плотность до 60.9 ± 7.4 ЕОП, что указывает на высокую степень трансдукции в данной сенсорно-моторной зоне. Анализ экспрессии гAAV в оптическом тектуме выявил наличие нескольких типов трансдуцированных клеток с меньшими размерами (7.5–17.4 мкм) и оптической плотностью до 17.4 ± 3.9 ЕОП, что может свидетельствовать о чувствительности сенсорных областей к вирусной доставке. Обнаружение гAAV в продолговатом мозге и стволе головного мозга, включая ретикулярную формацию, где размеры клеток составляли 3.8–18.9 мкм, оптическая плотность до 18.3 ± 2.2 UOD, указывает на вовлечение нисходящих моторных проекций в транспорт трансгена.

Введение гAAV в мозжечок молодого кеты продемонстрировало способность вируса сохранять экспрессию трансгена в течение 6 месяцев, что указывает на возможность его длительной трансдукции в ЦНС. Наибольшая экспрессия была зафиксирована в мозжечке и других анатомически связанных с ним зонах, что указывает на диффузное распространение трансгена через афферентные и эфферентные нейрональные пути, соответствующие топологии церебеллярных проекций у рыб. Наблюдаемая экспрессия трансгена через 6 месяцев указывает на возможное длительное существование гAAV в эписомальной форме в ЦНС. Введение гAAV в мозжечок – зону с высокой нейропластичностью и относительно низкой иммунореактивностью – может объяснять столь продолжительное сохранение экспрессии [3]. В ходе эксперимента, помимо оценки степени экспрессии вирусного гена в мозжечке, исследовали возможные иммунные реакции, возникающие в ответ на длительное присутствие вирусных частиц в нервной ткани. Нами было установлено, что введение гAAV в мозжечок рыбы не приводило к летальному исходу у животных. Этот результат может свидетельствовать о специфической способности вируса вызывать изменения на молекулярном уровне, не сопровождаясь гибелью клеток или ухудшением общего состояния организма.

Возможно, это связано с тем, что особенности иммунной системы рыб позволяют им эффективно контролировать вирусную нагрузку без значительного повреждения тканей. Мы предполагаем, что rAAV не инициирует острую воспалительную реакцию, способную привести к гибели животных, а скорее вызывает мягкую, хроническую форму экспрессии. Это, в свою очередь, может объяснять отсутствие летального исхода, что делает эти вирусы перспективными для использования в генетических и терапевтических исследованиях. Полученные данные расширяют понимание механизмов персистенции вирусных векторов и открывают перспективы для дальнейших исследований механизмов воздействия вирусного вмешательства на ЦНС и её функциональную активность.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 121082600034-5

1. Barcia C., Jimenez-Dalmaroni M., Kroeger K.M., Puntel M., Rapaport A.J. et al. One-year expression from high-capacity adenoviral vectors in the brains of animals with pre-existing anti-adenoviral immunity: clinical implications // *Mol. Ther.* 2007. Vol. 15. No. 12. P. 2154–2163.
2. Muravyeva A., Smirnikhina S. Adenoviral vectors for gene therapy of hereditary diseases // *Biology.* 2024. Vol. 13. Article No. 1052.
3. Wang Z., Wang L., Gao F., Dai Y., Liu C. et al. Exploring cerebellar transcranial magnetic stimulation in post-stroke limb dysfunction rehabilitation: a narrative review // *Front. Neurosci.* 2025. Vol. 19.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАЗАРИТОФАУНЫ ГИДРОБИОНТОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БУХТ ПОСПЕЛОВА И АЯКС ОСТРОВА РУССКИЙ

Вайнутис К.С.^{1,2}, Афанасьев К.А.¹, Фоминов В.С.¹, Буховец А.А.¹

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет (Дальрыбвтуз), vainutis.ks@dgtru.ru*

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, vainutisk@gmail.com*

Цель настоящего исследования – описание видового состава паразитов моллюсков и ракообразных из бухт Аякс и Поспелова северной части острова Русский с применением морфологических, микроскопических и статистических методов.

С начала апреля по начало июня 2025 г. собраны представители малако- и крустациофауны в бухтах Аякс и Поспелова в акватории острова Русский. Выборка малакофауны состояла из брюхоногих моллюсков родов *Littorina* и *Nucella*. Крустациофауна представлена азиатским прибрежным крабом *Hemigrapsus sanguineus*.

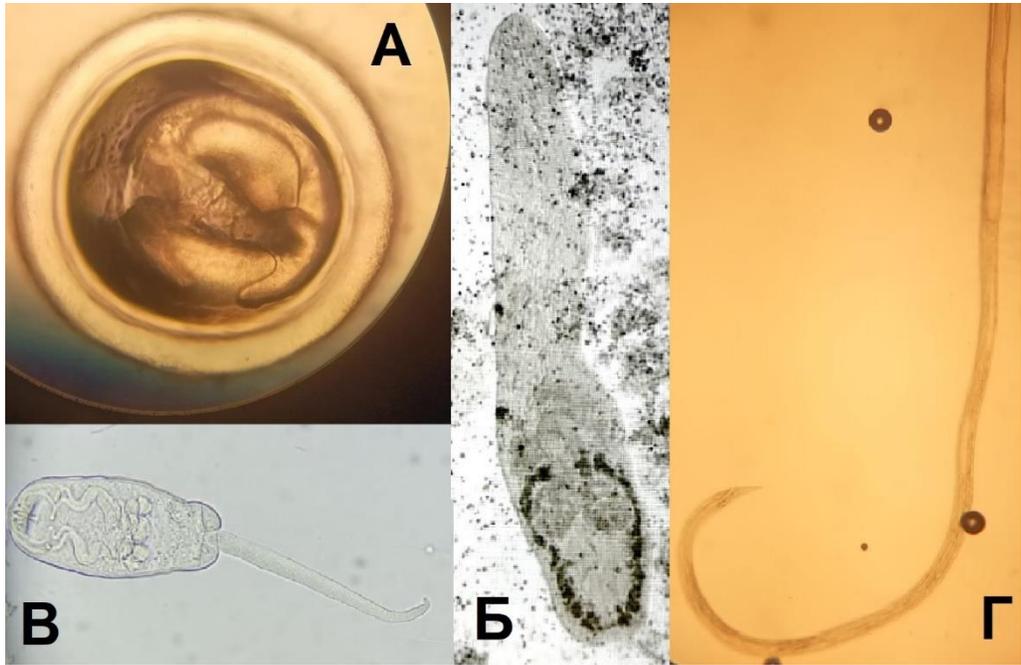
Относительно равные выборки моллюсков разных видов были собраны в разных участках обеих бухт: в пределах 100–150 особей каждого вида. Моллюсков среднего размера (около 1.5–2 см) рассаживали в воде в чашках Петри диаметром 12 см по четыре–шесть особей. Оставляли при комнатной температуре в промежутке времени от получаса до трёх часов. В течение первого получаса начинают выходить церкарии трематод. Максимальное время выдержки моллюсков в чашках Петри составило от трёх до семи суток в зависимости от степени заражённости. Церкарии идентифицированы как вид *Cercaria fluviocinguli* П.

Наименьшие показатели инвазии моллюсков наблюдались в начале апреля, в конце месяца при более высокой температуре воды количество церкарий, покинувших моллюсков за сутки, достигало порядка 5000 на одного моллюска. Экстенсивность инвазии, близкая к нулю, была в открытых участках бухты, тогда как в закрытых участках превышала 50%. При этом у отдельных особей моллюсков выход церкарий за сутки мог превысить десять тысяч. В конце апреля – начале мая в бухте Поспелова экстенсивность инвазии приближалась к 50%. Степень выхода церкарий на одну особь моллюска сохранялась в количественных пределах бухты Аякс в конце апреля.

Кроме обследованных моллюсков и крабов в бухте Аякс в мае выловлены трепанги и кукумарии. Полное паразитологическое обследование последних не выявило заражённости.

В обеих бухтах выборки крабов составляли около 50 особей. Их паразитофауна представлена видами паразитов, ранее обнаруженными в бухте

Ахлѣстышева острова Русский: метацеркарии *C. fluviocinguli* II, нематоды *Heliconema anguillae* и корнеголовые раки *Polyascus polygeneus* (рис. 1) [1].



Паразиты, обнаруженные в бухтах Поспелова и Аякс на севере острова Русский. А – Инцистированная метацеркария *Cercaria fluviocinguli* II из краба *Hemigrapsus sanguineus*. Б – Экцистированная метацеркария *C. fluviocinguli* II. В – Церкария *C. fluviocinguli* II из брюхоногих моллюсков родов *Littorina* и *Nucella*. Г – Нематода *Heliconema anguillae*.

Для изучения морфологии и видовой идентификации обнаруженных паразитов изготавливали постоянные зоологические препараты путём осветления в растворе молочной кислоты и глицерина (1:1) в течение от получаса до полутора часов в зависимости от объекта с последующим закреплением в глицерин-желатине на покровном стекле. Для статистической оценки заражённости применялись стандартные показатели: экстенсивность инвазии, амплитуда интенсивности инвазии, средняя интенсивность инвазии и индекс обилия [2].

В целом полученные первичные данные по заражённости брюхоногих моллюсков и крабов в бухтах Аякс и Поспелова северной части острова Русский согласуются с полученными ранее сведениями по видовому составу паразитов, однако отличаются по количественному составу [1]. В дальнейшем необходима более детальная количественная и качественная оценка заражённости гидробионтов северной части острова Русский в летний и осенний периоды.

Исследование выполнено в рамках темы НИР № 894/2025 «Паразитофауна гидробионтов прибрежной зоны северной части острова Русский» за счёт средств гранта для молодых учёных Дальрыбвтуза.

1. Афанасьев К.А., Фомина С.А., Щербатов В.В., Буховец А.А., Вайнутис К.С. Анализ сообществ паразитов и комменсалов популяций *Hemigrapsus sanguineus* в акватории залива Петра Великого // VIII Национальная научно-техническая конференция «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». 2024. С. 11–17. <http://dx.doi.org/10.48612/dalrybvtuz/nntk-2024-02>

2. Никонорова В.Г. Индексный метод, статистические методы и математические модели в паразитологии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 8. С. 12–16.

ВЫДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ БАКТЕРИИ *PSEUDOLTEROMONAS PISCICIDA* 2202

Венчаков В.С., Беленева И.А., Веланский П.В., Магарламов Т.Ю.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, venchakov.vs@dyfu.ru*

Pseudoalteromonas piscicida 2202 относится к классу Gammaproteobacteria, штамм выделен из гемальной жидкости двустворчатого моллюска *Modiolus kurilensis*. Актуальность изучения данного штамма обоснована его способностью продуцировать разнообразные биологически активные соединения, включая антибактериальные, фунгицидные, антиобрастающие, ростостимулирующие агенты, что открывает перспективы для разработки новых антиобрастающих покрытий и использования в качестве пробиотика.

Основной целью настоящего исследования является выделение фракции пигмента из *P. piscicida*, определение его молекулярной массы и оценка биологической активности экстрактов на бактериальных культурах *Escherichia coli* и *Vibrio* sp.

При выращивании штамма *P. piscicida* на Marine agar 2216 в течение 5 суток в статических условиях было получено около 1.5 г сырой бактериальной массы. Экстракцию проводили с использованием метанол-ацетоновой смеси (7:3) в соотношении 1:10 массы к объему. Далее экстракт подвергался обработке импульсным ультразвуком при мощности 60% в течение 10 минут и центрифугировался при 10 000g в течение трех минут при температуре 4°C. Выделение пигмента осуществлялось методом препаративной высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Unimicro EasySep®-3030 с спектрофотометрическим UV-детектором и аналитической колонкой C18 10 мм × 250 мм. Градиент хроматографии включал следующие этапы: с 1 по 25 минуту – метанол: вода 60:40, с 25 по 35 минуту – метанол: вода 80:20, при скорости потока 3 мл/мин.

В ходе исследования из фракции было выделено три пика пигментов с молекулярными массами 845, 870 и 940. Анализ показал, что выделенный пигмент оказывает ингибирующее воздействие на рост *Vibrio splendidus* 2649 и Консорциума морских бактерий.

Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований пигмента *P. piscicida*, включая изучение механизмов действия выделенных активных веществ и оценку их биотехнологического потенциала. Эти исследования позволят глубже понять роль вида *P. piscicida* в морских экосистемах и разработать новые стратегии использования его уникальных свойств в различных отраслях биотехнологии.

*Работа частично выполнена на базе ЦКП «Приморский океанариум»,
ННЦМБ ДВО РАН (г. Владивосток).*

У ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MYA JAPONICA* (BIVALVIA: MYIDAE), ОБИТАЮЩЕГО В ЯПОНСКОМ И ЖЕЛТОМ МОРЯХ, ОБНАРУЖЕНЫ ГЕТЕРОГЕННЫЕ СПЕРМАТОЗОИДЫ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ КОТОРЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИ СПЕЦИФИЧНЫ

***Вехова Е.Е.*¹, *Пименова Е.А.*¹, *Александрова Я.Н.*¹, *Чжан Ц.*², *Цзяо И.*²,
*Реунова Ю.А.*³, *Реунов А.А.*³**

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, *evehova@gmail.com*

²Институт океанологии, Китай, г. Циндао

³Университет Святого Франциска-Ксавьера, Канада, г. Антигонииш

Морские двустворчатые моллюски, принадлежащие к роду *Mya*, обитают в бореальных и умеренных зонах Северного полушария. В Атлантике, а также в Европейских морях распространен вид *Mya arenaria* Linnaeus, 1758. Однако для Тихого океана более типичен вид *M. japonica* Jay, 1857. *M. japonica* – зарывающийся двустворчатый моллюск, встречающийся в илистых приливно-отливных и мелководных сублиторальных местообитаниях. Популяции этого вида обнаружены исключительно в Тихом океане, а именно вдоль берегов российского Приморья, Японии, Китая, Корейского полуострова, в районе Австралии (о-в Тасмания) и у западных берегов Канады (провинция Британская Колумбия) [1].

Поскольку в Азиатско-Тихоокеанском регионе *M. japonica* является значимым объектом промысла и аквакультуры, критерии, позволяющие отделять этот вид от других миид, имеют важное значение. Определение миид на основе внешнего вида часто бывает затруднительным вследствие межвидового сходства раковин. Поэтому наиболее надежным способом для определения видов является генетический анализ. Однако, благодаря исследованиям ученых России и Китая, было установлено, что видовая идентификация возможна также на основе сравнительного анализа структуры сперматозоидов. Было показано, что структура сперматозоидов *M. arenaria* и *M. japonica* видоспецифична и позволяет отличать эти два вида [1]. Таким образом, микроскопическое исследование мужских репродуктивных клеток является эффективным инструментом определения видовой принадлежности миид.

В данном проекте мы впервые провели комплексное видовое тестирование миид, обитающих в нескольких районах российского Приморья (Японское море), а также Китайского побережья в районе г. Циндао (Желтое море). Нами выполнен морфогенетический анализ, а также проведено исследование формирования и структуры мужских репродуктивных клеток.

В результате удалось установить следующее:

1. Молекулярный анализ нуклеотидной последовательности митохондриального гена цитохром *c* оксидазы субъединицы I (COI) показал, что

все пять образцов, собранных нами в Японском море, принадлежат к виду *M. japonica*. Эти данные подтверждают результаты наших коллег, полученные ранее для одного экземпляра мии, собранного в Японское море. Интересно, что второй экземпляр мии, найденный нашими коллегами в том же районе Японского моря, был генетически определен как *M. uzenensis* [1]. Это говорит о том, что в российской части Японского моря обитает не только вид *M. japonica*, и расширенное популяционно-генетическое исследование является весьма актуальным.

2. Обнаружено, что серо-охристый цвет раковин, характерный для всех исследованных экземпляров *M. japonica*, либо не имеет никаких дополнительных оттенков, либо дополнен цветом донного субстрата. У всех экземпляров мии, собранных в Уссурийском заливе, проливе Босфор Восточный и в акватории около г. Циндао, периостракум раковин не дополнен грунтовыми оттенками. Однако у мии из Амурского залива и из зал. Восток периостракум раковины в значительной степени дополнен пятнами синего цвета, по-видимому, соответствующего цвету ила, в котором живут моллюски. В Амурском заливе раковины мии пропитаны субстратным пигментом не только с внешней, но и с внутренней стороны. Мы полагаем, что в данном случае интенсивность дополнительной окраски раковин может быть использована для географической идентификации экземпляров мии.

3. Ультраструктурные механизмы формирования мужских гамет у *M. japonica* из Японского и Желтого морей идентичны таковым у других *Bivalvia*. В цитоплазме сперматогониев и сперматоцитов обнаружены безмембранные структуры – зародышевые гранулы (ЗГ), которые играют важную роль в индуцировании и обеспечении нормального протекания мейотических делений. В сперматидях и сперматозоидах ЗГ не обнаружены, что подчеркивает их важность именно для ранних стадий мейоза. Наличие ЗГ в цитоплазме стволовых репродуктивных клеток двустворчатых моллюсков открывает перспективы для развития технологии искусственной дифференциации гамет коммерчески значимых видов *Bivalvia* [2].

4. В процессе сперматогенеза формируются сперматозоиды, некоторая часть которых соответствует описанию, ранее сделанному нашими коллегами [1]. Наши данные также подтверждают видоспецифичность строения сперматозоидов миид и то, что можно различать виды *M. japonica* и *M. arenaria* путем сравнения их мужских гамет. Однако, что касается *M. japonica*, в нашем исследовании получено существенное дополнение к имеющейся информации. Нами установлено, что, независимо от места обитания, в наборе репродуктивных клеток мии японской имеется не один, а два морфотипа сперматозоидов: (1) морфотип с изогнутым ядром и акросомным пузырьком и (2) морфотип с прямым ядром и акросомным пузырьком. Таким образом, вид *M. japonica*, обитающий как в Японском, так и в Желтом морях, характеризуется ярко выраженным диморфизмом сперматозоидов.

5. Процентное соотношение морфотипов сперматозоидов варьирует в разных местах обитания *M. japonica*. Так, в заливе Восток у *M. japonica* на долю 1-го морфотипа приходится 71%, на долю 2-го – 29%. У *M. japonica* из Амурского залива, Уссурийского залива и пролива Босфор Восточный на долю 1-го и 2-го морфотипов сперматозоидов приходится соответственно 63 и 37%, 71 и 29%, 87 и 13%. У *M. japonica* из Желтого моря это процентное соотношение составляет 84 и 16%. Феномен гетероморфизма мужских гамет был обнаружен нами и у некоторых других видов двустворчатых моллюсков, обитающих в Японском море [3]. Принимая во внимание то, что количественные вариации сперматозоидов *M. japonica* географически специфичны, мы предполагаем, что количественный анализ мужских гамет может быть использован для определения происхождения образцов моллюсков этого вида.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124021900010-2.

1. Zhang J., Yurchenko O.V., Lutaenko K.A., Kalachev A.V., Nekhaev I.O., Aguilar R., Zhan Z., Ogburn M.B. A tale of two soft-shell clams: an integrative taxonomic analysis confirms *Mya japonica* as a valid species distinct from *Mya arenaria* (Bivalvia: Myidae) // Zool. J. Linn. Soc. 2018. Vol. 184. P: 605–622.

2. Reunov A.A., Alexandrova Y.N., Komkova A.V., Reunova Y.A., Pimenova E.A., Vekhova E.E., Milani L. VASA-induced cytoplasmic localization of CYTB-positive mitochondrial substance occurs by destructive and nondestructive mitochondrial effusion, respectively, in early and late spermatogenic cells of the Manila clam // Protoplasma. 2021. Vol. 258. P. 817–825.

3. Vekhova E.E., Kiselev K., Alexandrova Y.N., Akhmadieva A.V., Reunova Y.A., Reunov A.A. The mytilid bivalve *Mytilus trossulus* exhibits area-specific proportions of heteromorphic spermatozoa in the Sea of Japan // Invertebr. Reprod. Dev. 2024. Vol. 68. P. 1–9.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ ОФИУР (ECHINODERMATA: OPHIUROIDEA) НА ПОДВОДНЫХ ПОДНЯТИЯХ ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Волкова А.Л.¹, Даутов С.Ш.¹, Даутова Т.Н.¹

*¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, al99volkova@gmail.com*

Офиуры (тип Echinodermata, класс Ophiuroidea) являются перспективными индикаторами уязвимых морских экосистем, играют важную роль в процессах осадкообразования и круговорота углерода в океане, доминируют в донных сообществах (в том числе глубоководных), часто образуя моновидовые и монодоминантные сообщества. Змеехвостки в таких случаях обладают не только высокой численностью, но и биомассой, что делает данную группу организмов удобным индикаторным и модельным объектом при проведении ряда исследований, в частности направленных на мониторинг состояния донных экосистем [3]. Несмотря на важное значение офиур для глубоководных бентосных сообществ, знаний об их распространении и образе жизни по-прежнему недостаточно.

Представители класса Ophiuroidea были собраны на морских горах Коко, Оджин, Юрияку, Киммеи в ходе экспедиции Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН при участии Института океанологии им. П.П. Ширшова и других институтов РАН на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в июле–августе 2019 г. (рейс LV86-2019) и в июле–сентябре 2021 г. (рейс LV94-2021). Образцы собирали на глубинах до 2500 м и складывали в пробоотборник с помощью необитаемого подводного аппарата ROV Comanche 18 (Sub-Atlantic, Великобритания). Выполнялась фото- и видеозапись сбора материала. Фото- и видеоматериалы, полученные с помощью ROV Comanche 18, были использованы для анализа распространения офиур и состава их сообществ на исследованных участках.

Оценка сходства таксономического состава выполнена с помощью программного пакета PRIMER 6 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research), <http://www.primer-e.com>.

Идентифицированы представители 29 видов, 17 семейств и 21 рода класса Ophiuroidea, для которых выявлены особенности биогеографических характеристик, а также приуроченность к определенным видам субстрата на поднятиях Императорской цепи. Наличие биогеографической границы в распространении фаун офиур в районе 37–38° с.ш. подтверждается полученными результатами и соответствует границе для батинальной фауны на глубинах 700–2000 м на указанных широтах для шельфа [1]. Существуют и другие подтверждения наличия данной границы, например, для фауны восьмилучевых кораллов и шестилучевых губок [2]. Полученные данные

представляют интерес для обсуждения путей и механизмов заселения подводных гор Императорского хребта. Данные о таксономическом составе, структуре сообществ, вертикальном распределении и распространении офиур в данном регионе приводятся впервые. Актуальным направлением исследований можно считать изучение северных подводных поднятий Императорского хребта.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124021900009-6

1. Сиренко Б.И., Смирнов И.С. Уточнение биогеографической границы в талассобатиали Северной Пацифики по донной фауне Императорских гор // Геогр. Мир. океана. Тез. докл. IV Всес. конф. по географии Мир. океана. Л.: АН СССР. 1989. С. 124–125.

2. Dautova T.N., Galkin S.V., Tabachnik K.R. The first data on the structure of vulnerable marine ecosystems of the emperor chain seamounts: indicator Taxa, landscapes, and biogeography // Russ. J. Mar. Biol. 2019. Vol. 45. P. 408–417.

3. Smith C.R., Hamilton S.C. Epibenthic megafauna of a bathyal basin off southern California: patterns of abundance, biomass, and dispersion // Deep-Sea Res. Part A. 1983. Vol. 30. № 9. P. 907–928.

АНАЛИЗ КИШЕЧНОГО МИКРОБИОМА *COREGONUS NASUS* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ 16S РРНК

Воронов К.Е.

Санкт-Петербургский филиал ВНИРО (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга), г. Санкт-Петербург, stek486@yandex.ru

Кишечная микробиота позвоночных животных представляет собой сложную систему, которая играет ключевую роль в метаболизме, иммуногенезе и защите от патогенных агентов. Микроорганизмы участвуют в расщеплении сложных органических соединений, синтезе витаминов и регуляции гомеостаза, находясь в тесной взаимосвязи с физиологией хозяина. Взаимодействие между микробами и организмом носит коэволюционный характер, формируя устойчивые симбиотические системы. Микробиота активно участвует в ферментации полисахаридов и других нутриентов, недоступных для ферментативных систем хозяина. У травоядных рыб преобладают анаэробные бактерии (*Clostridium*, *Bacteroides*), а у хищных — аэробные и факультативно анаэробные формы (*Pseudomonas*, *Aeromonas*) [1].

Данное исследование нацелено на выявление структуры и таксономического состава кишечной микробиоты *Coregonus nasus*, выращиваемого в условиях аквакультуры на оз. Суходольское (Ленинградская область).

Образцы кишечного содержимого (n=19) отбирались у рыб, разделенных на 2 группы: группа 1 (n=10, «Affected») включала особей с визуальными признаками патологических изменений, такими как вялость, нарушение плавания или внешние повреждения; группа 2 (n=9, «Control») состояла из особей без выраженных внешних отклонений, отловленных на другом участке того же водоема.

Методика исследования, в основе которой было ампликонное секвенирование гена 16S рРНК, включала следующие этапы: консервация материала в ТЕ-буфере, выделение ДНК, проверка качества нуклеиновых кислот, подготовка библиотек, секвенирование участков V3–V4 и V4–V5 16S РНК, биоинформатический анализ данных (фильтрация и удаление адаптеров, объединение, дерепликация и фильтрация химер, кластеризация операционных таксономических единиц (OTU), создание таблицы представленности OTU, таксономическая классификация, фильтрация таблицы OTU, статистический анализ и визуализация).

Секвенирование амплифицированных регионов V3–V4 и V4–V5 16S рРНК гена для 19 биологических образцов позволило получить 73.029 (V3–V4) и 26.282 (V4–V5) качественных прочтений после этапа фильтрации. После дерепликации, удаления химер и кластеризации с порогом идентичности 97%, было идентифицировано 88 OTU для региона V3–V4 и 25 OTU для региона V4–V5. До этапа таксономической фильтрации итоговая OTU-матрица имела

размерность 88 OTU × 19 образцов (V3–V4) и 25 OTU × 15 образцов (V4–V5). На основании полученной таксономии была проведена фильтрация таблиц OTU для удаления последовательностей, принадлежащих к неквалифицированным таксонам ('Unassigned'). В результате фильтрации для дальнейшего анализа были оставлены 81 OTU (из 88) для региона V3–V4 и 23 OTU (из 25) для региона V4–V5. Сравнение представленности отдельных OTU между двумя группами («Affected», «Control») с использованием теста Краскела-Уоллиса и FDR-коррекции ($q < 0.05$) позволило идентифицировать таксоны, ассоциированные с различными состояниями хозяина или средой. Всего было выявлено 4 таких OTU для региона V3–V4 (табл.).

OTU рода *Shewanella* также был более обилен в группе «Affected». Представители рода *Gemella* демонстрировали более сложный паттерн распределения между группами.

OTU с достоверно различающимся относительным обилием между группами ($q < 0.05$).

OTU ID	Регион	Род / Наилучшая классификация	Q-value (BH)	Группа(ы) макс. обилием*
OTU_V3–V4_6	V3–V4	<i>Shewanella</i>	0.0247	Affected
OTU_V3–V4_16	V3–V4	<i>Gemella</i>	0.0300	Affected / Healthy
OTU_V3–V4_19	V3–V4	<i>Candidatus Soleaferrea</i>	0.0383	Healthy

* – Указаны группы, где данный OTU демонстрировал наивысшую среднюю или медианную представленность. Для OTU_V3-V4_16 и OTU_V3-V4_19 распределение менее четкое и требует детального просмотра средних значений.

Исследование выявило сложную и вариабельную структуру микробного сообщества с доминированием филумов Proteobacteria, Firmicutes и Bacteroidota, что согласуется с данными по другим пресноводным рыбам. Особое внимание привлекли дифференциально представленные таксоны: *Cetobacterium*, *Shewanella* и *Enhydrobacter*. При этом *Cetobacterium*, известный как продуцент витамина B12, показал повышенную представленность в группе «Affected», что может указывать на компенсаторную реакцию организма. *Shewanella* и *Enhydrobacter* ранее ассоциировались с патологическими изменениями у рыб, что подтверждает их потенциальную условно-патогенную роль [1, 2].

Сравнение с другими видами рода *Coregonus* показало существенные различия в составе микробиома. У *Coregonus clupeaformis* доминировали *Aeromonas* и *Shewanella*, тогда как у *Coregonus lavaretus* преобладали *Pseudomonas* и *Comamonas*. В исследованном чире род *Aeromonas* не обнаружен, что может быть связано с конкуренцией за экологические ниши с родом *Gemella* [3]. Индивидуальные профили микробиома отличались высокой вариабельностью даже при консервативности на уровне доменов, что обусловлено экологическими факторами, генетикой и состоянием здоровья рыб. Настоящее исследование представляет собой первую попытку комплексного описания кишечной микробиоты чира с применением секвенирования регионов V3–V4 и V4–V5 гена 16S рРНК. Полученные результаты открывают перспективы для разработки микробиомных маркеров в мониторинге здоровья рыб и природоохранной деятельности.

1. Kashinskaya E.N., Simonov E.P., Poddubnaya L.G., Vlasenko P.G., Shokurova A. , Parshukov A.N., Andree K.B., Solovyev M.M. Trophic diversification and parasitic invasion as ecological niche modulators for gut microbiota of whitefish // Front. Microbiol. 2023. Vol. 14, 1090899. DOI:10.3389/fmicb.2023.1090899
2. Li X., Yu Y., Feng W., Yan Q., Gong Y. Host species as a strong determinant of the intestinal microbiota of fish larvae // J. Microbiol. 2012. Vol. 50 (1). P. 29–37. DOI: 10.1007/s12275-012-1340-1
3. Sadeghi J., Chaganti S. R., Johnson T. B., Heath D. D. Host species and habitat shape fish-associated bacterial communities: phyllosymbiosis between fish and their microbiome // Microbiome. 2023. Vol. 11 (1). P. 39. DOI: 10.1186/s40168-023-01697-6

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ МОРСКОГО БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА *NUCELLA HEYSEANA* (DUNKER, 1882)

Габаев Д.Д., Колотухина Н.К.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, gabaevdd@mail.ru, kolotukhina.nata@mail.ru

Представлены результаты исследования динамики численности, пространственного распределения, изменчивости питания, усвояемости пищи, темпов роста и степени воздействия на морских двустворчатых моллюсков хищного брюхоногого моллюска *Nucella heyseana* (Dunker, 1882). Уточняется взаимосвязь между размером *N. heyseana* и жертв, а также степень ее влияния на рост уцелевших моллюсков. В развитии *N. heyseana* имеет короткую пелагическую стадию, позволяющую заселять искусственные субстраты и воздействовать на культивируемых моллюсков. Между динамикой численности хищника и жертвы обнаружена положительная и достоверная взаимосвязь.

В процессе разведения приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) и тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (Gould) в бухте Миноносок залива Посьета (42°61'N, 130°86'E) мы обнаружили на искусственных субстратах хищного брюхоногого моллюска *N. heyseana*. Там же были найдены пустые раковины двустворчатых моллюсков с характерными отверстиями диаметром 1–2 мм. Искусственные субстраты – гребешковые коллекторы и садки находятся в толще воды и появление в них *N. heyseana* можно объяснить наличием пелагической стадии в ее развитии. Но большинство исследователей утверждают, что у *Nucella* нет пелагической стадии и выходящая из капсул молодь сразу начинает ползать [1, 2]. Уточнению вопросов динамики численности, питания и личиночного развития *N. heyseana* посвящены настоящие исследования.

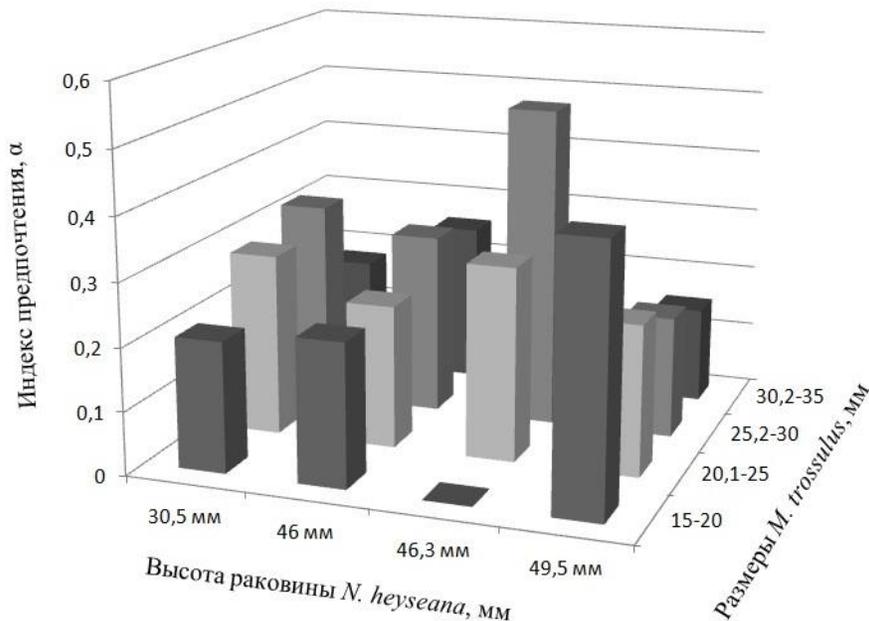
Для исследования динамики численности *N. heyseana*, *M. yessoensis* и *M. trossulus* 38 лет (1977 – 2014) в бухте Миноносок и бухте Клыкова залива Посьета (42°61'N, 130°85'E) изучали содержимое гребешковых коллекторов японской конструкции, а размерные предпочтения жертв – в аквариальной ННЦМБ.

На дне *N. heyseana* встречается в наиболее прибойной части заливов и бухт. Как правило, это каменистые мысы, куда не могут проникнуть другие хищные беспозвоночные, поскольку сбиваются накатом, а *N. heyseana* способна выходить из воды. Эта акватория более холодноводная по сравнению с мелководной, хорошо прогреваемой частью бухт Новгородская (42°64'N, 130°90'E) и Экспедиции (42°66'N, 130°75'E). В этих бухтах личинки *N. heyseana* не оседают на искусственные субстраты, а взрослых особей легко можно обнаружить на мысах, ограничивающих бухты Миноносок, Клыкова, Постовая (42°65'N, 130°80'E) и Рейд Паллада (42°59'N, 130°84'E).

Впервые на искусственных субстратах *N. heyseana* появилась через 6 лет после начала промышленного культивирования *M. trossulus* в бухте Миносок. На искусственных субстратах ее плотность не превышала 0.2 экз/м², причем оседала *N. heyseana* в гребешковые коллекторы, которые были погружены в море с 25 мая по 8 июня. Встречались *N. heyseana* на глубинах 0–17 м, однако чаще на 6–8 м. Появление *N. heyseana* в гребешковых коллекторах часто совпадало с увеличением численности *M. trossulus* и 19-летние наблюдения показали, что коэффициент корреляции Пирсона между их динамиками достоверен ($r = 0.556$; $p = 0.014$).

Между обилием молоди *M. trossulus* и численностью мидий, съеденных в коллекторах, обнаруживается довольно явная зависимость. Это же наблюдается и у *M. yessoensis*.

Исследование пищевых предпочтений четырех особей *N. heyseana* разного размера показало, что мелкие и средние хищники потребляли крупную добычу, а самый крупный хищник поедал мелких *M. trossulus* (рис.).



Ранжирование диеты четырех особей *Nucella heyseana*.

Из всего разнообразия двустворчатых моллюсков в коллекторах *N. heyseana* предпочитала *M. trossulus*, а на *M. yessoensis* нападала при ее отсутствии. Если же год оказывался урожайным для *Chlamys farreri*, переключалась на него, несмотря на створки с шипами.

Сопоставление содержимого коллекторов с *N. heyseana* и без нее показало, что в коллекторах с хищником, как правило, на два вида двустворчатых моллюсков было больше. В основном это *C. farreri* и *Musculista senchousia*.

На большой выборке ($n = 2140$ экз.) взаимосвязь между диаметром отверстия от *N. heyseana* и размером раковины *M. trossulus* отсутствовала ($r = 0.090$; $p = 0.000$). Однако предпочтение *N. heyseana* крупных особей *M. trossulus* доказывается тем, что они были более разрушены и на них было больше отверстий. Коэффициент корреляции между размером *M. trossulus* и количеством отверстий от *N. heyseana* на одной раковине показал высоко достоверную взаимосвязь ($r = 0.974$; $p = 0.000$).

Хищничество *N. heyseana* может быть использовано для улучшения условий существования ценного моллюска *M. yessoensis* вследствие предпочтительного поедания ею агрессивного обрастателя – тихоокеанской мидии *M. trossulus*.

1. Murdoch W.W. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations // Ecol. Monogr. 1969. Vol. 39. № 4. P. 335–354.
2. Раков В.А. О влиянии хищников на популяцию устриц в заливе Посьета // Биология морских моллюсков и иглокожих. Материалы советско-японского симпозиума по морской биологии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1974. С. 127–128.

ИЗУЧЕНИЕ АНИЗАКИД МОРСКИХ РЫБ: НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГАПЛОТИПИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ

Гордеев И.И.^{1,2}, Бемер Е.А.³, Атопкин Д.М.^{3,4}, Симонова Н.А.³, Соколов С.Г.⁵

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, gordeev_ilya@bk.ru

³Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

⁴Федеральный научный центр Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток, ran2006_82@mail.ru

⁵Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, sokolovsg@mail.ru

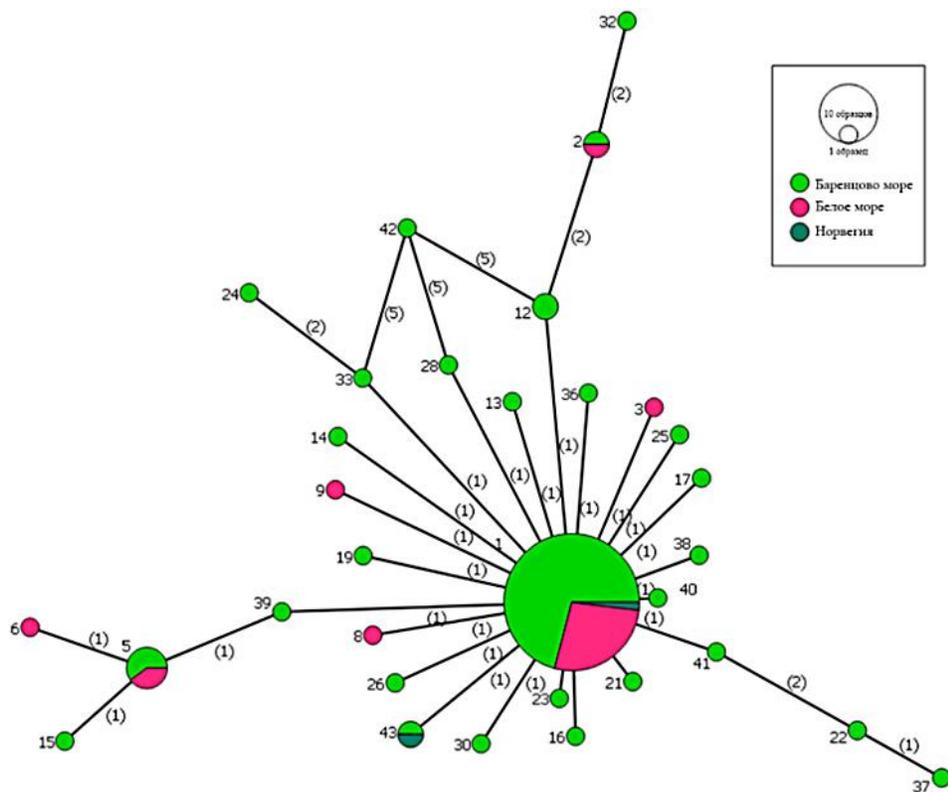
Проведено исследование генетической структуры личинок нематоды *Phocanema bulbosum*, паразитирующих в промысловых рыбах Баренцева моря — атлантической треске (*Gadus morhua*) и камбале-ёрш (*Hippoglossoides platessoides*). Всего путем секвенирования по Сэнгеру были получены секвенсы от 69 личинок JuvIII, по морфологии определенных как *Pseudoterranova decipiens*. Генотипирование по митохондриальному гену *Cox2* показало, что 68 образцов относятся к *P. bulbosum*, и только один — к *P. decipiens sensu stricto*. Анализ выявил у *P. bulbosum* 31 гаплотип. Доминирующий гаплотип (GenBank OQ731840) встречался во всех шести районах отбора проб в Баренцевом море, а также в ранее исследованных Белом море и водах Норвегии (рис.), что предполагает его древнее происхождение и широкое распространение [1].

Исследование не выявило значимых различий в генетической структуре *P. bulbosum* между разными хозяевами (атлантическая треска vs. камбала-ёрш) или в зависимости от географического района. Это свидетельствует об отсутствии изоляции популяций. Такие результаты согласуются со сведениями о миграции трески, которая перемещается между районами нагула и нереста, способствуя распространению паразита. Кроме того, отсутствие четкой дифференциации между образцами из Баренцева и Белого морей, несмотря на различия в солёности, подчёркивает адаптивность *P. bulbosum* к изменяющимся условиям среды.

Таким образом, впервые описано генетическое разнообразие *P. bulbosum* в Баренцевом море и подтверждено его широкое распространение в северных морях. Полученные данные важны для понимания экологии паразита, оценки зоонозных рисков (например, анизакидоза) и мониторинга зараженности промысловых рыб.

Что касается дальневосточных анизакид, то секвенированием по Сэнгеру были получены последовательности ITS2 рДНК ядерного генома и фрагмента гена второй субъединицы цитохромоксидазы (*cox2*) мтДНК нематод, собранных от морских рыб отрядов Scorpaeniformes, Gadiformes, Clupeiformes,

Carangiformes, Aulopiformes в акватории Охотского моря в северо-западной части Тихого океана [2, 3].



Сеть гаплотипов *Phocanema bulbosum* (из [1]), полученных от атлантической трески *Gadus morhua* и американской камбалы *Hippoglossoides platessoides* Баренцева моря. Размер круга соответствует частоте встречаемости гаплотипа.

На основании полученных данных выполнена видовая идентификация, оценены изменчивость и гаплотипическое разнообразие изучаемых паразитических нематод. В результате установлено, что нематоды от исследованных рыб принадлежат в основном к трем видам: *Contraeaecum osculatum* s.str., *Anisakis simplex* и *A. pegreffii*. По данным секвенирования ITS2 рДНК изменчивость *A. simplex* в исследуемой выборке варьировала от 0 до 0.33%, наибольшее сходство обнаружено с *A. simplex*, найденным у европейского сайгана (*Belone belone*) на побережье Балтийского моря.

Изменчивость *cox2* *A. simplex* составила 3.6%. Наши последовательности наиболее сходны с секвенсами нематод кеты *Oncorhynchus keta*, выловленной на побережье Японии. По данным секвенирования ITS2 рДНК нематоды, генетически идентифицированные как *C. osculatum*, были наиболее сходны с нематодами этого же вида у минтая *Gadus chalcogrammus* из корейских вод. По данным секвенирования гена мтДНК нематоды *C. osculatum* из нашего

материала были наиболее сходны с разными изолятами этого же вида, включая нематод от Атлантической селеди (*Clupea harengus*) из Балтийского моря, Атлантической трески (*G. morhua*) из Баренцева моря и минтая *Gadus chalcogrammus* из вод Северной Кореи. Изменчивость последовательностей *cox2* нематод *C. osculatum* варьировала от 6.26% до 24.5%.

A. simplex обнаружен впервые у рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus*, полосатой камбалы *Liopsetta pinnifasciata* и мелкочешуйной антиморы *Antimora microlepis*. *A. pegreffii* была впервые отмечена у волосатого бычка *Hemitripterus villosus* из Берингова моря.

Полученные данные указывают на довольно высокий уровень гаплотипического разнообразия анизакидных нематод, циркулирующих в российских водах, что позволяет обозначить перспективы для проведения дополнительных таксономических и филогеографических исследований.

1. Gordeev, I.I.; Bakay, Y.I.; Kalashnikova, M.Y.; Logvinenko, A.D.; Emelianova, O.R.; Sokolov, S.G. Genetic structure of juvenile stages of *Phocanema bulbosum* (Nematoda, Chromadorea: Anisakidae) parasitizing commercial fish, Atlantic Cod *Gadus morhua*, and American Plaice *Hippoglossoides platessoides* in the Barents Sea // Diversity. 2023. Vol. 15. P. 1036. [https:// doi.org/10.3390/d15101036](https://doi.org/10.3390/d15101036)

2. Gordeev I.I., Sokolov S.G. Macroparasites of epipelagic and eurybathic fishes in the north-western Pacific Ocean // Invertebrate Zoology. 2020. Vol. 17(2). P. 118-132. [https:// doi.org/10.15298/invertzool.17.2.02](https://doi.org/10.15298/invertzool.17.2.02)

3. Gordeev I.I., Sokolov S.G. Helminths of epipelagic fish in the western Bering Sea and southern Sea of Okhotsk // Invertebrate Zoology. 2023. Vol. 20(2). P. 140-152. doi.org/10.15298/invertzool.20.2.02

МОРСКАЯ СТАНЦИЯ «АНИВА» - НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ О. САХАЛИН

Гордеев И.И.^{1,2}, Семенов А.А.¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, semenov@wsbs-msu.ru,

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, gordeev_ilya@bk.ru.

Восточная часть полуострова Крильон — один из наиболее ненаселенных и труднодоступных районов южного Сахалина. Располагаясь в наиболее теплой климатической зоне о. Сахалин, так называемых «снежных тропиках», наземные биогеоценозы полуострова и морские сообщества омывающих его вод залива Анива отличаются значительным разнообразием с точки зрения видового богатства флоры и фауны. Среди них встречаются как ценные промысловые виды, так и уязвимые и исчезающие растения и животные. С 2022 г. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова и Сахалинский государственный университет в партнерстве с Некоммерческим благотворительным фондом «Поддержка биоисследований «БИОМ» и государственными организациями, под эгидой Министерства науки и высшего образования РФ, и в соответствии с п.4 Переченя поручений Президента Российской Федерации по итогам встречи Президента Российской Федерации с участниками III Конгресса молодых ученых 29 ноября 2023 г. от 24 января 2024 г. № Пр-131, занимается созданием морской станции «Анива» на мысе Анастасии (п-ов Крильон, о. Сахалин).

В ходе комплексных экспедиций на полуострове Крильон в 2022–2024 гг. были изучены литоральные беспозвоночные животные [1], получены новые сведения о мохообразных и лишайниках, а также проанализированы экологические условия и разнообразие луговой растительности. Кроме того, обнаружены новые для Дальнего Востока виды базидиомицетов и исследовано содержание тетродотоксина у немертин [2].

Статья, опубликованная по итогам экспедиции «Крильон 2023» [3], отмечает новый виток всестороннего изучения морских, пресноводных и наземных экосистем восточного побережья полуострова. В статье представлены результаты исследований в области ихтиологии, зоологии беспозвоночных, энтомологии, ботаники, лишенологии, бриологии, микологии, паразитологии, микробиологии и морской биологии. Зафиксировано свыше 200 видов растений, 101 вид лишайников, 127 видов мхов, 117 видов базидиальных грибов, 119 видов беспозвоночных и 20 видов водорослей. Собраны данные о 20 видах рыб, включая их зараженность гельминтами. Паразитологические исследования включали выявление микроспоридий у животных-хозяев и поиск корнеголовых раков — паразитов членистоногих. Среди обнаруженных организмов

встречаются редкие и охраняемые виды, занесенные в региональные и федеральную Красные книги, а также ранее не известные для о. Сахалин [3].

Морская станция «Анива» имеет все перспективы стать одной из опорных точек для исследования биологических сообществ Сахалинской области, включая долгосрочные экспериментальные работы, а также стать удобной площадкой для проведения образовательных мероприятий биологической и геологической направленности.

1. Ekimova I.A., Grishina D.Y., Nikitenko E.D. Nudibranch molluscs of Sakhalin Island, Northwestern Pacific: new records and descriptions of two new species // *Ruthenica, Russian Malacological J.* 2024. Vol. 34(2). P. 69-91. [https://doi.org/10.35885/ruthenica.2024.34\(2\).3](https://doi.org/10.35885/ruthenica.2024.34(2).3)

2. Malykin G.V., Velansky P.V., Magarlamov T.Y. Levels and Profile of Tetrodotoxins in Spawning *Cephalothrix mokievskii* (Palaeonemertea, Nemertea): Assessing the Potential Toxic Pressure on Marine Ecosystems // *Toxins* 2025. Vol. 17(1), P. 25. <https://doi.org/10.3390/toxins17010025>

3. Gordeev I.I., Tokarev Y.S., Davydov E.A., Ekimova I.A., Drozdov K.A., Yatsenko I.O., Yatsenko O.V., Kochunova N.A., Bukharova N.V., Kondrat`ev M.S., Miroliubov A.A., Rozhkova-Timina I.O., Makeev S.S., Grishina D.Y., Plaksin A.D., Semenov A.A. Combined Research Expedition “Crillon 2023”: First Findings and Preliminary Results // *Moscow University Biological Sciences Bulletin* 2024. Vol. 79(1). P. 15–34. <https://doi.org/10.3103/S0096392524600546>

К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭВТРОФИРОВАННОСТИ И МУТНОСТИ ВОД ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Григорьева Н.И., Левенец И.Р.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, grigoryeva04@mail.ru*

В работе проанализирована сезонная изменчивость распределения общего азота (N_{tot}), минерального фосфора (DIP) и органического вещества (DOC) в водной толще и органического углерода (C_{org} , % в навеске) в грунтах по всему зал. Восток. Впервые описана мутность воды. Обсуждается современный уровень эвтрофированности залива. Определение гидрохимических показателей выполнены на TOC-L Shimadzu, мутности – зондом Seaquard с частотой 3 и 14 съемок за сезон 2021 г.

Известно, что прибрежные районы являются областями аллохтонного питания – растворенных и взвешенных веществ, и находятся в зависимости от поступающих концентраций биогенных элементов и органического углерода, которые, в свою очередь, влияют на мутность, содержание растворенного кислорода и pH. Накопление органики в грунтах определяет трофность водоема и влияет на интенсивность процессов вторичного загрязнения вод токсичными элементами. В условиях продолжающейся эвтрофикации вод залива изучение распределения концентраций вносимых извне веществ является весьма актуальным.

В предыдущих работах нами представлены диапазоны концентраций N_{tot} и DOC в водной толще и C_{org} в грунтах в нескольких прибрежных районах (были исследованы небольшие локальные участки с глубинами 8–13 м) [1, 2]. Максимальные концентрации N_{tot} и DOC наблюдались к югу от устья р. Волчанка до бухт Средняя (м. Пашинникова–м. Пущина) и Гайдамак (м. Чайчий) в пределах 0.36–0.42 и 2.1–5.00 мг/л, соответственно. В грунтах повышенное содержание C_{org} зафиксировано в тех же западных районах с максимальными значениями у устья р. Волчанка (2.57–3.18%). Центральная часть залива от вершины до выхода осталась неизученной. Также не была описана и сезонная изменчивость DIP.

Нами выявлено, что воздействие стока взвешенных веществ оказывает влияние также на всю центральную и внешнюю часть залива. С апреля по сентябрь в центре акватории содержание N_{tot} и DOC находилось в пределах 0.16–0.21 и 1.85–2.87 мг/л, соответственно. Концентрации DIP достигали 0.008–0.023 мг/л. На выходе из залива, в области влияния внешних вод открытого моря, прослеживалась все та же закономерность (N_{tot} 0.13–0.24 и DOC 1.98–2.75 мг/л). В то же время в центре исследуемой акватории, где обнаружено влияние исследованных гидрохимических параметров среды, накопление C_{org} в донных осадках (ДО) не превышало 0.39–0.41%. Следовательно, в центральной и внешней частях акватории не происходит увеличения уровня накопления

аллохтонных веществ в ДО, несмотря на повышенные концентрации гидрохимических веществ. Как было показано ранее, основное накопление происходит преимущественно в западной стороне залива – в районах, являющихся основными областями поступления аллохтонных веществ, причем в течение всего теплого сезона. Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о постоянном очищении залива, которое происходит из-за активной динамики вод.

Анализ данных по мутности показал, что в апреле вода в заливе была преимущественно прозрачной во всей акватории в пределах 0.1–0.7 FTU (formazine turbidity unit). Российскими стандартами (<https://docs.cntd.ru>) регламентируется только мутность пресной питьевой воды, где показатель, согласно ПДК, не должен превышать 2.6 FTU). С увеличением прогрева в начале июля самые высокие значения мутности 2.3–5.4 FTU стали фиксироваться на локальных участках вблизи устьев рек и ручьев с высотой слоя не более 1.0–1.3 м от дна. В остальных районах залива вода все еще оставалась прозрачной до дна. К середине июля мутность придонных слоев воды в береговой зоне повсеместно увеличилась до 1.1–2.0 FTU, в вершинах мелководных бухт – до 1.1–2.6 FTU, в средней части залива – до 2.3–4.9 FTU, в глубоководном желобе западной части – до 1.2 FTU. У м. Пашинникова мутность возросла до 4.4 FTU с толщиной мутного слоя до 3.0–4.0 м; в б. Средней в депрессии дна мутность увеличилась до 6.1 FTU, сохраняя высоту мутного слоя 4.0 м. В восточной стороне залива и на выходе вода оставалась прозрачной. В вершине б. Гайдамак (в месте базирования флота) мутность увеличилась до 3.8 FTU и вода была непрозрачной от поверхности до дна практически до осени.

В начале сентября придонная мутная вода повсеместно стала отмечаться в центре залива в местах волнистого рельефа дна со значениями 2.3–9.6 FTU, в глубоководном желобе – 1.6–4.9 FTU. В районах локального выноса в береговой зоне мутность периодически возрастала до 12.3–13.6 FTU. В восточной стороне и на выходе в придонных горизонтах вода оставалась прозрачной, либо мутность придонного и поверхностного слоев кратковременно повышалась до 1.4–3.3 FTU. В депрессиях дна в центре залива показатели мутности оставались в тех же пределах 3.8–6.0 FTU, но слой мутной воды увеличился до 8.0–9.0 м и стал фиксироваться с горизонтов 8–10 м. В целом по заливу до начала осенних сгонно-нагонных процессов повышенная мутность сохранялась в пределах 1.4–5.4 FTU. Также из-за катастрофических выносов вод из р. Волчанец придонная мутность на станциях вдоль берега западной стороны в течение всего периода исследований периодически возрастала до 5.6–10.7 FTU. Следует отметить, что вершины мелководных бухт в зал. Восток в течение летнего сезона подвергались периодическому очищению вод, и тогда мутность падала до незначительных величин – 0.2–0.4 FTU.

В октябре вода повсеместно стала вновь прозрачной по всей толще, за исключением участков, близко расположенных к устьевым зонам. Здесь мутность составляла 0.3–0.9 FTU, преимущественно у р. Волчанец.

Таким образом, результаты исследований показали, что западная сторона зал. Восток более подвержена загрязнению аллохтонными взвешенными веществами, чем восточная. Отложение тонкодисперсных взвешенных веществ и накопление органики в грунтах происходит преимущественно в вершинной области и на пути выноса речных вод из акватории, о чем свидетельствует и наблюдающаяся здесь повышенная мутность. То же подтверждает и содержание органического углерода в донных отложениях. Данные по мутности также свидетельствуют, что в течение всего теплого сезона года в различных районах залива гидрохимические показатели должны претерпевать значительные колебания, поскольку изменения их концентраций зависят от выноса аллохтонных веществ.

Авторы выражают глубокую признательность Сабитовой Л.И. за обработку проб и помощь в работе.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124021900009-6.

1. Григорьева Н.И. Условия среды в прибрежных биотопах зал. Восток (Японское море) как районах обитания брюхоногих и двустворчатых моллюсков // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2022. Вып. 26. № 1–2. С. 128–142.

2. Лебедев Е.Б., Левенец И.Р., Григорьева Н.И. К фауне и экологии раковинных брюхоногих и двустворчатых моллюсков литорали и верхней сублиторали залива Восток Японского моря // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2022. Вып. 26. № 1–2. С. 5–52.

УНИКАЛЬНЫЙ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ФАУНЫ НОВЫЙ РОД СТРАТОКОРМИДИАЛЬНЫХ ЦИКЛОСТОМНЫХ МШАНОК ИЗ РАЙОНА ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА ОХОТСКОГО МОРЯ

Грищенко А.В.^{1,2}, Тейлор П.Д.³

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, gat1971@mail.ru

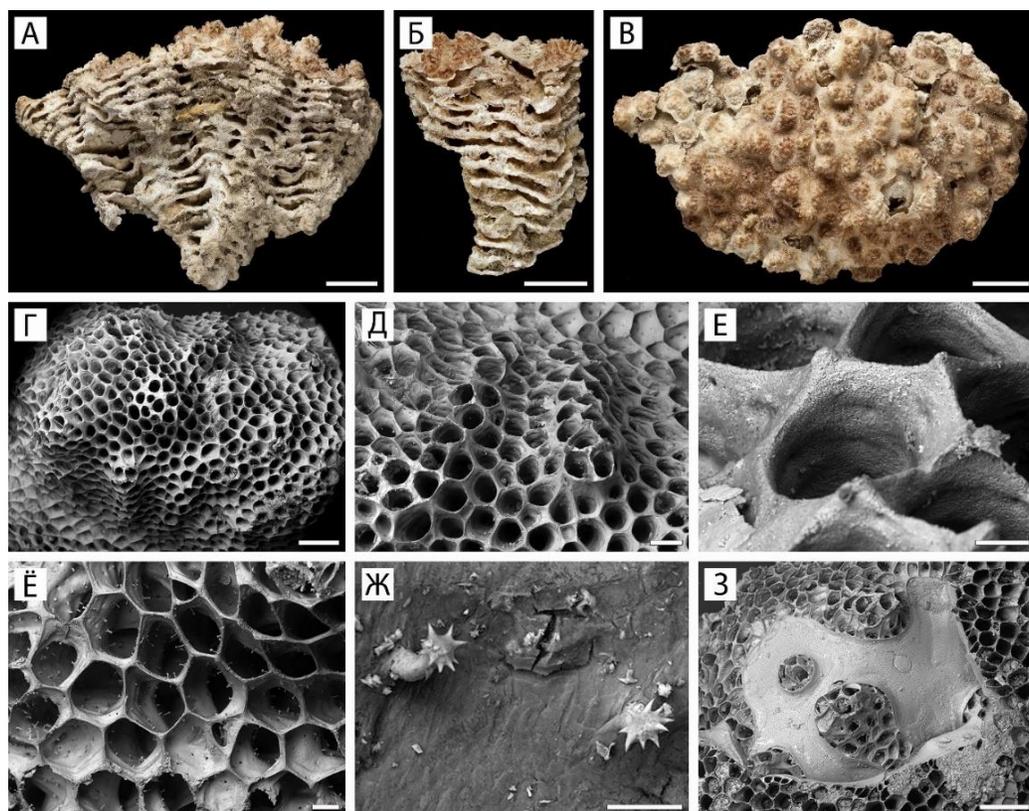
³Британский музей естественной истории, г. Лондон, p.taylor@nhm.ac.uk

Уникальный для современной фауны новый род и вид мшанок из отряда Cyclostomata – *Kamchatkaporozhigibesovi* Taylor et Grischenko, 2024 – описан из района западно-камчатского шельфа Охотского моря [1].

Материал собран 6 августа 2013 г., в ходе проведения траловой съёмки бентоса прибрежных вод западной Камчатки на НИС «Профессор Пробатов», сотрудником КамчатТИНРО, Т.Б. Морозовым, на единственной станции № 190 с координатами 56°51'1" с.ш., 154°52'0" в.д., на гл. 114.5 м. Образцы (7 крупных фрагментов одной колонии) исследованы с использованием световой и сканирующей электронной микроскопии. Голотип и паратип зарегистрированы в коллекционных фондах Британского музея естественной истории (NHMUK, Лондон), а также Зоологического института (ЗИН РАН, Санкт-Петербург).

Колония *K. ozhigibesovi* (рис. А–В) массивная, полусферическая, многослойная (насчитывающая 13–19 слоёв). Каждый слой образован многочисленными чашеобразными субколониями, соединёнными внешними краями и надлежащими над более ранними слоями. Аутозооиды (рис. Г–Ё) со свободными стенками, закруглённо-полигональные в поперечном сечении, с низкими шипами на углах апертур (рис. Е). Отверстия кластеризованы в небольшие группы, вытянутые радиально от центров субколоний к их периферии (рис. Г, Д), минимально отличимые от кенозооидов, но несколько большего размера. Внутренние стенки с удлинёнными муральными шипами со сферическими шипастыми терминальными расширениями (рис. Ё, Ж). Кенозооиды (рис. Г, Д) со свободными стенками, более многочисленны чем аутозооиды, занимают центры мантикул и окружают аутозооиды по всей поверхности субколоний. Гонозооид (рис. З) неровной формы, с долями, простирающимися между скоплениями аутозооидов; с фиксированными стенками. Фронтальная поверхность (крыша) с многочисленными мелкими псевдопорами; оэциопор эллиптический в поперечном сечении; оециостом короткий, воронкообразный.

Описанная форма колоний была ранее неизвестна у современных циклостомат, но имела широкое распространение в геологическом прошлом, на протяжении от мелового периода до кайнозоя. В отличие от других колониальных форм циклостомных мшанок, эта форма роста не имела специального названия, поэтому для неё введён новый термин – «стратокормидиальная».



Циклостомная стратокормидиальная мшанка *Kamchatkapora ozhgibesovi* Taylor et Grischenko, 2024. Голотип, NHMUK 2017.7.11.2 (А, В–Е, Ж); паратип, NHMUK 2017.7.11.4 (Б, Ё, З). (А) латеральный, (Б) фронто-латеральный и (В) фронтальный вид фрагментов колонии; (Г) поверхность субколонии с возвышающимися кластерами аутозоидов; (Д) радиально расположенные кластеры аутозоидов; (Е) низкие шипы на углах аутозоидальной апертуры; (Ё) развивающиеся аутозоиды и кенозоиды с длинными муральными шипами; (Ж) муральные шипы со сферическими шипастыми терминальными расширениями; (З) общий вид лопастного гонозоида. Размерные шкалы: 1 см (А–В); 500 μm (Г, З); 200 μm (Д); 100 μm (Ё); 50 μm (Е); 20 μm (Ж).

Размеры колонии описанного вида (в диаметре более 15 см) являются одними из самых крупных среди современных и ископаемых видов циклостомных мшанок, что указывает на высокую продолжительность жизни нового вида.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124021900011-9.

1. Taylor P.D., Grischenko A.V. A new bryozoan genus from the Sea of Okhotsk and the taxonomy and geological history of 'stratocormidial' cyclostome bryozoans // J. Nat. Hist. 2024. Vol. 58 (41–44). P. 1917–1935.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МАССОВОЕ РАЗВИТИЕ НАТИВНЫХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ

Губелит Ю.И.¹, Ленци М.²

¹ Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, *Yulia.gubelit@zin.ru; gubelit@list.ru*

² Лаборатория экологии лагун и аквакультуры *Orbetello Pesca Company*, г. Орбетелло, Тоскана, Италия, *lealab1@gmail.com*

За последние несколько десятилетий массовое развитие макроводорослей, вызываемое как чужеродными, так и нативными видами, приобрело глобальные масштабы. Согласно литературным данным [1], массовое «цветение» способны вызывать виды макроводорослей из более чем 30 родов. В так называемых «зеленых» и «золотых» приливах немаловажную роль также играют виды-вселенцы, механизмы расселения которых были подробно изучены в последние десятилетия.

Цель нашего исследования – с помощью анализа доступной литературы выделить основные факторы, связанные с «цветением» нативных и чужеродных видов макроводорослей, и, в случае видов-вселенцев, попытаться продемонстрировать, что причиной их массового развития может быть не сам факт вселения, а нарушенная экосистема, в которую они попали. Для осуществления этой цели нами было проанализировано 5059 статей из базы данных «Скопус». При анализе принималось во внимание, предшествовали ли причины «цветению» вида или же проблемы в экосистеме стали следствием «цветения». Наши данные имели непараметрический характер, что наложило определенные ограничения на их обработку. После проверки на соответствие поставленной задаче, для дальнейшего анализа осталось всего 275 статей с 344 упоминаниями случаев «цветения» водорослей, вызванных 37 нативными видами и 48 видами-вселенцами из отделов Chlorophyta, Rhodophyta и Heterokontophyta (Phaeophyceae).

Эвтрофикация возглавляет список общих причин «цветения» (59.9%), на долю работ, касающихся аквакультуры как причины массового развития макроводорослей приходилось 3.5%. Если рассматривать нативные и чужеродные виды как две отдельные группы, эвтрофикация вызвала 78% случаев «цветения» нативных видов и 41.5% случаев «цветения» чужеродных видов. Аквакультура была упомянута в 1.2% случаев нативных «цветений» и вызвала 5.8% случаев «цветений» вселенцев. Второе место по важности для вспышки развития макроводорослей было отнесено к глобальным изменениям (15.7%). Также этот фактор вызвал 23.4% случаев «цветения» чужеродных видов и 8.1% случаев «цветения» нативных видов. Отдельные антропогенные факторы (повреждение растительного субстрата, пригодного для нативных видов, незаконное траление, урбанизация и т. п.), по-видимому, не являются важной причиной развития «цветения» (3.8% случаев «цветения» в целом, 5.8% случаев

«цветения» чужеродных видов и 1.7% случаев «цветения» нативных видов). Некоторые авторы связывают развитие видов-вселенцев исключительно с их инвазивным и агрессивным характером (3.5% случаев «цветения» в целом и 7% случаев «цветения» вселенцев), но какие-либо упоминания об условиях среды обитания до факта инвазии отсутствуют. Причины «цветения» без четкого указания действовавших на него факторов были описаны в 11% случаев для вселенцев, в 10.4% случаев для нативных видов и в 10.8% случаев в целом. Другие факторы вносили очень незначительный вклад.

Процент случаев «цветения» нативных видов (N) и видов-вселенцев (NN), рассчитанный отдельно для каждой группы и обусловленный различными факторами

Фактор	Chlorophyta		Rhodophyta		Heterokontophyta	
	N	NN	N	NN	N	NN
Изменения климата	6.1	23.3	0	17.6	33.3	22.7
Эвтрофикация	81.0	37.9	100.0	67.6	40.0	27.3
Аквакультура	1.4	8.6	0	0	0	0
Природные явления	0	0.9	0	2.9	0	0
Антропогенный стресс	2.0	6.0	0	5.9	0	4.5
Ацидификация	0	2.6	0	2.9	0	0
Причина не определена	8.8	10.3	0	2.9	26.7	31.8
Генетические особенности вида	0.7	0.0	0	0	0	0
Исчезновение <i>Posidonia</i>	0	1.7	0	0	0	0
Инвазивное поведение вида	0	8.6	0	0	0	13.6

С помощью Sign-test были выполнены попарные сравнения случаев «цветения», распределенных по факторам (причинам) и вызванных организмами, отнесенными к разным группам макроводорослей. Большинство сравнений не выявило статистически значимых различий ($p > 0,05$), кроме случаев «цветения» вселенцев из отдела Chlorophyta. Результаты показали, что количество случаев массового развития этой группы и их распределение в зависимости от причинных факторов, значительно отличалось от всех остальных (нативные Chlorophyta, нативные и чужеродные Rhodophyta и Heterokontophyta).

Согласно результатам теста Хи-квадрат, можно предположить, что есть связь между фактором и количеством случаев «цветения», при этом эвтрофикация является наиболее значимым фактором, определяющим массовое

развитие как нативных видов, так и видов-вселенцев. Примечательно, что эвтрофикация была единственной причиной «цветения» нативных красных водорослей, тогда как изменение климата оказалось вторым по частоте фактором, способствующим массовому развитию как нативных, так и чужеродных видов из остальных групп. В подавляющем большинстве случаев массового развития видов-вселенцев (93% от рассмотренных нами случаев) экосистема уже находилась под влиянием неблагоприятных факторов.

На основе проанализированной литературы нами также были предложены возможные сценарии развития экосистемы после вселения чужеродных видов макроводорослей. Сценарии для «здоровой экосистемы» подразумевают адаптацию нативных видов и видов вселенцев и, после возможных всплесков численности, - возвращение к равновесию. Сценарии для экосистем, подвергающимся интенсивному антропогенному воздействию и глобальным изменениям климата подразумевают регулярные «цветения», как видов-вселенцев, та и смешанные с последующим обеднением видового разнообразия.

Работа выполнена в рамках государственной темы ЗИН РАН № 125012800888-5. Авторы также благодарят компанию Орбетелло Песка Лагунаре за информационный вклад и профессора Стефано Бароне из Университета Палермо за консультации по статистике.

1. Bermejo R, Green-Gavrielidis L, Gao G. Editorial: Macroalgal blooms in a global change context. *Front Mar Sci.* 2023. Vol. 10. P. 1204117. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1204117>

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПОЛОВОЗРЕЛЫМИ ОСОБЯМИ КЕФАЛИ *LIZA AURATA* (RISSO, 1910) ИЗ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Гуринович А. С., Чаплыгин В.А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф.

*Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань,
gurinovich_as@mail.ru*

В Каспийском море встречаются два вида кефалей: остронос рода *Liza* (*Liza saliens*) и кефаль сингиль (*Liza aurata*), которые были интродуцированы из Черного моря в 30-е гг. прошлого столетия. В настоящее время промысловым видом является *Liza aurata* [2]. В Каспийском море прибрежное рыболовство известно как основной промысловый добытчик кефали.

Кефали относятся к группе пелагофильных рыб. Половая зрелость у них наступает в 3-4-летнем возрасте, при этом самцы созревают раньше самок на год.

Пробы половозрелых сингилей (самцы – 3 года, самки – 4 года) собраны в весенний период 2020-2023 гг. Для исследования у особей взяты пробы печени, жабр, гонад, мышечной ткани, селезенки, желудка и кишечника. Биологический анализ кефали осуществляли по общепринятой методике А.Ф. Правдина [3].

Работа по определению химических элементов в объектах исследования выполнена на базе кафедры «Гидробиология и общая экология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Определение меди, свинца, кадмия и цинка проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии в соответствии с ГОСТ 30178-96 [1]. Статистическую обработку данных осуществляли, используя программный продукт Microsoft Office Excel.

При анализе микроэлементного состава органов и тканей половозрелой кефали сингиль выявлено, что преобладающим органом накопления цинка являются гонады (141.37 ± 2.9 и 86.28 ± 2.2 мг/кг сухой массы у самок и самцов соответственно). В кишечнике у кефали обнаружен минимум содержания цинка (28.49 ± 2.1 мг/кг сухого вещества и 19.31 ± 1.2 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). Уровень аккумуляции цинка в печени в 3.1 раз у самок и в 3.4 раза у самцов выше, чем в кишечнике. Содержание цинка в жабрах в 2.5 раза и в 3.1 раз соответственно превышало его концентрации в кишечнике. В остальных органах достоверных различий по данному элементу между самками и самцами не выявлено. Убывающий ряд содержания цинка в органах и тканях *Liza aurata* можно расположить следующим образом:

гонады > печень > жабры > мышцы > селезенка > желудок > кишечник.

При сравнении результатов исследования с предельно-допустимым уровнем (40 мг/кг согласно СанПиНу) показано, что значения аккумуляции микроэлемента мышечной тканью самцов не превышают норматива.

Концентрация меди в органах и тканях половозрелой кефали сингиль неоднородна. Наибольшее количество меди выявлено в печени (21.77 ± 1.7 и 10.88 ± 1.5 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). У самок и

самцов концентрация меди в жабрах находилась на уровне 6 мг/кг сухого вещества, в желудке и кишечнике – 4 мг/кг сухого вещества, а в селезенке и гонадах – 2 мг/кг сухого вещества. Минимальное значение содержания этого микроэлемента выявлено в мышцах (1.4 ± 0.3 и 1.02 ± 0.2 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). При этом накопление меди в печени превышает ее количество в мышцах в 15.5 раз. Убывающий ряд содержания меди в органах и тканях *Liza aurata* можно расположить следующим образом:

печень > жабры > желудок > кишечник > селезенка > гонады > мышцы.

Сопоставляя величины аккумуляции меди в мышцах кефали с предельно-допустимым уровнем концентрации металла согласно СанПин 2.3.2.560-96 (10 мг/кг), превышение этой нормативной величины не выявлено.

В организме самок и самцов кефали сингиль преимущественное накопление свинца зафиксировано в жабрах (3.87 ± 0.9 и 3.97 ± 0.9 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). Минимальным содержанием элемента отличались гонады (0.83 ± 0.2 и 0.37 ± 0.1 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). У самок и самцов концентрация свинца в печени, кишечнике, желудке, селезенке и мышцах находилось на уровне 1 мг/кг сухого вещества. Убывающий ряд содержания свинца в органах и тканях *Liza aurata* можно расположить следующим образом:

жабры > кишечник > печень > селезенка > мышцы > желудок > гонады.

Предельно-допустимый уровень концентрации свинца в мышцах рыб согласно СанПиН 2.3.2.560-96 составляет 1 мг/кг.

У самок и самцов кефали сингиль максимальное количество кадмия (1.07 ± 0.01 и 0.89 ± 0.1 мг/кг) выявлено в печени, причем у самок концентрация металла в 1.2 раза выше. Вторым органом по величине накопления кадмия в организме оказался кишечник (0.47 ± 0.1 и 0.57 ± 0.1 мг/кг сухого вещества у самок и самцов соответственно). Селезенка отличалась минимальным содержанием кадмия как и у самок, так и у самцов – 0.02 мг/кг сухого вещества. У самок и самцов концентрация кадмия в жабрах, желудке, селезенке, гонадах и мышцах находилась примерно на уровне 0.1 мг/кг сухого вещества. Убывающий ряд содержания свинца в органах и тканях *Liza aurata* можно расположить следующим образом:

печень > кишечник > желудок > гонады > мышцы > жабры > селезенка.

Сравнивая полученные результаты с предельно допустимым уровнем концентрации кадмия (0.2 мг/кг), следует отметить, что его содержание не превышает утвержденных нормативов в мышцах кефали сингиль (СанПиН 2.3.2.1078-01).

В ходе проведенного исследования выявлены особенности аккумуляции цинка, меди, свинца и кадмия органами и тканями половозрелых самцов и самок *Liza aurata*. В исследовании обнаружено, что содержание микроэлементов различалось между половозрелыми самками и самцами кефали. Показано, что концентрации цинка в гонадах выше, чем в других органах и тканях. Концентрация меди и кадмия выше в печени, а концентрация свинца – в жабрах.

1. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартформ. 2010. 8 с.
2. Козлова Н.В., Дубовская А.В., Макарова Е.Г. и др. Исследование физиолого-биохимических показателей сингиля (*Liza aurata*, Risso) в Каспийском море // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3.С. 125-133. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2020-3-125-133>.
3. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ КОЛЮЧЕЙ АКУЛЫ *SQUALUS ACANTHIAS* В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА

Дозорец М.И., Попова М.Ю.

Филиал Федерального Государственного Бюджетного Учреждения
Науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В.
Жирмунского» Дальневосточного Отделения Российской Академии Наук –
Научно-образовательный комплекс «Приморский океанариум»
г. Владивосток, mashuk.1997@mail.ru

В ходе работы по содержанию особей *Squalus acanthias* – колючей акулы или катрана, было получено первое потомство в «Приморском океанариуме». В качестве нового для океанариума опыта в работе с данным объектом рассматривался вопрос о выращивании молоди в наших условиях.

Новорожденные акулы сразу были переселены в отдельный танк объемом 2000л с аэрацией и поддержанием температуры воды в диапазоне 13-14°C. Перед отсадкой была произведена биометрия. Средняя общая длина тела (TL) составила 21см, а вес 28.5г. Для отслеживания темпов роста и развития биометрия выполнялась ежемесячно.

Кормление акул проводили дважды в день. В первые дни после рождения интереса к пище не наблюдалось. Катраны начали есть на 4-5 день. В природе питание колючей акулы достаточно разнообразно и включает в себя разные виды рыб, головоногих моллюсков, крабов и других ракообразных. Катраны – активные хищники, способные поедать придонно-пелагических рыб. В условиях океанариума, где кормовая база ограничена, возникла необходимость подобрать оптимальный и максимально приближенный к естественному рацион для поддержания здорового роста.

Мы поставили цель перевести акул на рацион взрослых акул, включающий предварительно замороженные кормовые объекты, которые при необходимости нарезаются до оптимального размера. Вид корма и его количество определялось экспериментально, путем наблюдения за состоянием акул после кормления. Требовалось подобрать содержание жиросодержащих и белковых кормов чтобы избежать перекармливания. Первый месяц акулата получали корм дважды в день, утром и вечером, так как на это время приходился наибольший пик их активности. При недостаточном кормлении двигательная активность падала, что также наблюдалось и при излишнем перекармливании. Каждое кормление происходило под присмотром. Через месяц после рождения режим кормления акулата сократился до одного раза в день. Еще через месяц акулата стали питаться через день. После каждого третьего кормления два дня корм не давали для контроля перекармливания. При таком графике кормления у акулата сохранялись активность и здоровое питание.

За все время содержания и выкармливания молоди катрана удалось добиться полной адаптации к питанию неживыми кормовыми объектами с

достаточно широким разнообразием. В рацион молодых акул вошли различные виды рыб (кета, терпуг, скумбрия, сельдь), моллюски (кальмар, гребешок), ракообразные (крупная мизида, креветка и в первые месяцы крупный криль), а также икра креветки.

Первое время акулят было необходимо кормить вручную, подавая кусочки еды при помощи пинцета, но уже через неделю они стали способны самостоятельно подбирать корм со дна или толщи воды.

Таким образом, нам удалось добиться того, чтобы молодые катраны питались самостоятельно. Несмотря на то, что рацион ограничен, кормовые объекты были подобраны так, чтобы обеспечить стабильный прирост. По данным биометрии через 8 месяцев после рождения общая длина тела (TL) составила 32см., а вес 160г., что соответствует приросту на 11см. и 131,5 г. соответственно.

Работа выполнена на базе ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ ГОЛОТУРИЙ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ДВУХ ТИПОВ ФАГОЦИТОВ *EUPENTACTA FRAUDATRIX*

Долматова Л.С.¹, Караулова Е.П.²

¹Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, dolmatova@poi.dvo.ru

²Тихоокеанский филиал Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО), г. Владивосток, ekaterina.karauлова@tinro.vniro.ru

Экстракт из дальневосточных видов голотурий (ЭГ), полученный с использованием органических растворителей, обладает бактерио- и фунгистатическим, антиоксидантным, иммуномодулирующим и ранозаживляющим действием [1]. У позвоночных в регуляции заживления ран ведущую роль играют макрофаги, способные «поляризоваться» в сторону нескольких метаболически и фенотипически различных типов, в наиболее общем виде характеризуемых как М1 и М2 макрофаги. Эти два типа играют различную роль на отдельных этапах ранозаживления [2]. Способность ЭГ влиять на поляризацию макрофагов не исследована. При этом у голотурий также выделены два типа фагоцитов, Ф1 и Ф2, предполагаемых аналогов М1 и М2 макрофагов [3], что дает основания для их возможного использования в качестве модели для изучения иммуномодулирующей активности препаратов.

Целью данной работы явилось изучение влияния ЭГ на функциональную активность Ф1 и Ф2 фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix in vitro* и при экспериментальном поверхностном ранении.

Голотурии *E. fraudatrix* с длиной тела 4.5–5.5 см собирали в весенний период в б. Восток (зал. Петра Великого Японского моря). ЭГ получали из тканей голотурии по методу, описанному ранее [1].

В серии экспериментов *in vivo* животным (n=4) скальпелем производили поверхностный надрез. Одновременно в целомическую полость вводили ЭГ (0.3 мкг/г). Контрольным животным вводили фосфатно-солевой буфер с добавлением 36 g/L NaCl. Через 7 сут отбирали целомическую жидкость и выделяли из нее фагоциты двух типов центрифугированием в градиенте фиколл-верографина, как описано ранее [3].

В серии экспериментов *in vitro* свежевыделенные фагоциты в трех повторностях инкубировали в круглодонных планшетах при комнатной температуре в течение 1 ч и 24 ч с добавлением ЭГ в концентрациях 0; 0.01; 0.1 и 1 мкг/10⁶клеток. О функциональной активности фагоцитов судили по восстановлению нитросинего тетразолия (НСТ), используя колориметрический метод. Жизнеспособность фагоцитов определяли по исключению трипанового синего. Различия между группами определяли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Разницу между группами считали достоверной при P<0.05.

В опытах *in vitro* было показано, что через 1 ч инкубации изменения в продукции НСТ в Ф1 и Ф2 фагоцитах носили противоположный характер: в Ф1

фагоцитах уровень НСТ возрастал в прямой концентрационной зависимости, а в Ф2 фагоцитах снижался в обратной концентрационной зависимости. Такое возрастание уровня НСТ в Ф1 фагоцитах свидетельствует о преимущественной активации этих клеток в ответ на введение ЭГ. Через 24 ч инкубации продукция НСТ в контрольных Ф1, но не в Ф2 фагоцитах, возрастала более чем в 3 раза. При этом ЭГ снижал ее в прямой концентрационной зависимости, так же, как и в Ф2 фагоцитах. Снижение связанной с оксидантным стрессом функциональной активности Ф1 фагоцитов сопровождалось ростом их жизнеспособности по сравнению с контролем через 48 ч инкубации. Таким образом, первоначальное стимулирующее влияние ЭГ на функциональную активность Ф1 фагоцитов при ее возрастании изменяется на ограничительное, и активность Ф1 фагоцитов изменяется сходно с таковой Ф2 фагоцитов. По-видимому, ЭГ способствует трансформации Ф1 фагоцитов в Ф2 фенотип.

Исследование влияния ЭГ на продукцию НСТ проводили также через 7 сут после нанесения поверхностного повреждения стенки тела голотурии, когда при воздействии экстракта происходило полное смыкание краев раны. Ранение вызывало значительное возрастание уровня НСТ в Ф1 фагоцитах, но снижение в Ф2 фагоцитах. Введение же ЭГ раненым животным вызывало снижение продукции НСТ по сравнению как с действием ранения, так и с контролем в обоих типах фагоцитов. Однако это снижение в Ф1 фагоцитах было менее выраженным, чем в Ф2 фагоцитах. По-видимому, снижение функциональной активности обоих типов фагоцитов на этом этапе связано со снижением воспалительных процессов под влиянием ЭГ.

Таким образом, ЭГ способен разнонаправленно влиять на Ф1 и Ф2 фагоциты в начальный период своего воздействия, но при росте функциональной активности фагоцитов Ф1 он ингибирует их активность сходно с таковой фагоцитов Ф2. Приобретение Ф1 фагоцитами функциональных особенностей Ф2 фагоцитов происходит и на стадии заживления раны при воздействии ЭГ, что, по-видимому, вносит свой вклад в механизмы ранозаживляющего действия экстракта.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № 121021500052-9.

1. Долматова Л.С., Уланова О.А. Влияние экстракта из голотурий на скорость заживления раны поверхностного покрова и динамику концентрации целомоцитов в модельном эксперименте // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2014. № 57. С. 23–25.

2. Ferrante C.J., Leibovich S.J. Regulation of macrophage polarization and wound healing // *Adv. Wound Care (New Rochelle)*. 2012. Vol. 1. P. 10–16.

3. Dolmatova L.S., Smolina T. P. Morphofunctional features of two types of phagocytes in the holothurian *Eupentacta fraudatrix* (Djakonov et Baranova, 1958) // *J. Evol. Biochem. Physiol.* 2022. Vol. 58. P. 955–970.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *DUNALIELLA SALINA* И *ISOCHRYSIS GALBANA*

Домрачев В. Д.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
val.mod.19@bk.ru

Путём подсчёта клеток в камере Горяева была исследована численность микроводорослей *Dunaliella salina* и *Isochrysis galbana*, используемых в марикультуре для питания моллюсков и личинок голотурий. Водоросли выращивались при различных значениях солёности (5, 15, 25 и 35 ‰) и при различной температуре (16 и 21°C). Культивирование длилось 8 дней. *D. salina* выращивали на среде Гольберга, *I. galbana* — на среде F/2, приготовленных согласно практическому руководству [1]. Культуры выращивали в стеклянных конических колбах объемом 5 литров. Определение численности клеток выполняли на 1, 4 и 8 день культивирования. Высокие значения численности микроводорослей отмечены при солёности 25 ‰: для *D. salina* (6 млн кл/л) на 4 день культивирования и для *I. galbana* (13.5 млн кл/л) на 8 день культивирования, а также при температуре 21°C для обеих культур на 8 день культивирования: 4.3 млн кл/л у *D. salina* и 13.8 млн кл/л у *I. galbana*.

Таким образом, оптимальные условия для культивирования *D. salina* и *I. galbana* для питания моллюсков и личинок голотурий зарегистрированы на 4 и 8 день культивирования соответственно при солёности 25 ‰ и температуре 21°C.

Исследование выполнено в рамках программы “Сириус.Лето” на предприятии «Дальстам-Марин».

1. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. // Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ»: Воронеж, 2017. 508 с.

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА В КИШЕЧНИКАХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ И ЛИЧИНОК ВОСКОВОЙ МОЛИ

Дроздов А.Л.¹, Карпенко А.А.¹, Одинцов В.С.¹, Дроздов К.А.²

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, anatoliyld@mail.ru

²Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток, drovsh@yandex.ru

Проблема загрязнения пластмассами, вытеснившими натуральную целлюлозу, относится к одной из острых в современной экологии. Изделия из синтетического полимера полиэтилена (ПЭ), который занимает первое место в структуре пластиковых отходов, находят во всех биотопах, как наземных, так и морских. Под действием абиотических и биотических факторов фрагменты пластика или изделия из него постепенно деградируют в среде из-за переноса по пищевым цепям и представляют долгосрочную угрозу для живых организмов, включая человека [1].

В природном разложении пластмасс перспективными рассматриваются микроорганизмы разных систематических групп бактерий и грибов. Из многоклеточных животных наибольшее внимание уделяется восковой моли *Galleria mellonella*, личинки которой способны разлагать полиэтилен [2]. Это обусловлено тем, что личинки этой бабочки питаются пчелиным воском, который химически схож с синтетическим полиэтиленом. Оба эти вещества состоят из углеводородных цепочек.

Морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* содержали в аквариуме на субстрате из полиэтиленовых пакетов, а личинок восковой моли *Galleria mellonella* в коробках с фрагментами полиэтилена. В обоих случаях животные поедали полиэтилен. Методами световой микроскопии, рамановской микроспектроскопии и ядерной-магнитной спектроскопии исследовали экскременты животных, которые могли потреблять в пищу только полиэтилен.

В экскрементах морских ежей находятся фрагменты полиэтилена размером около 1.5 × 2 мм, которые хорошо видны в световом микроскопе. В них отмечают небольшие дырочки. Сравнение спектров комбинационного рассеяния (РАМАН) исходного ПЭ и полимера из фекальных пеллет морского ежа показало, что интенсивности полос спектра Рамана уменьшаются, тогда как дрейф базовой линии увеличивается. Это явление обычно наблюдается при наличии сопряженных двойных связей или простых ненасыщенностей, что напрямую связано со скоростью разрыва цепи в полимерах. Изменение в спектрах не является прямым изменением молярной массы полимера, но может указывать на ее изменение. Рамановская спектроскопия не может надежно предсказать молярную массу полимеров, поскольку она в первую очередь обнаруживает колебательные моды, связанные с химической структурой, а не с длиной полимерной цепи. Тем не менее изменение кристалличности

поверхности полимера свидетельствует, что в фекальных пеллетах морского ежа, поедавшего ПЭ, выявляются начальные этапы его биodeградации.

Личинок восковой моли содержали в контейнерах с фрагментами ПЭ, которым они питались в течение трех недель, пока выросли, окуклились и из куколок вышли сформировавшиеся бабочки (рис. 1). Фрагменты ПЭ были поедены гусеницами (рис. 2). На дне контейнера скапливались экскременты в виде капель и твердых конкреций (рис. 3).

В световом микроскопе в каплях экскрементов целых фрагментов ПЭ не выявлено. Однако рамановский спектр свидетельствует о наличии полимеров ПЭ. Ядерно-магнитная спектроскопия демонстрирует спектры, на которых видны пики, свидетельствующие о наличии углеводородных фрагментов в экскрементах. Это говорит о том, что ПЭ полимеры расщепляются в кишечниках личинок восковой моли.



Рис. 1. Контейнер с личинками восковой моли и фрагментами ПЭ. Ув. 5.

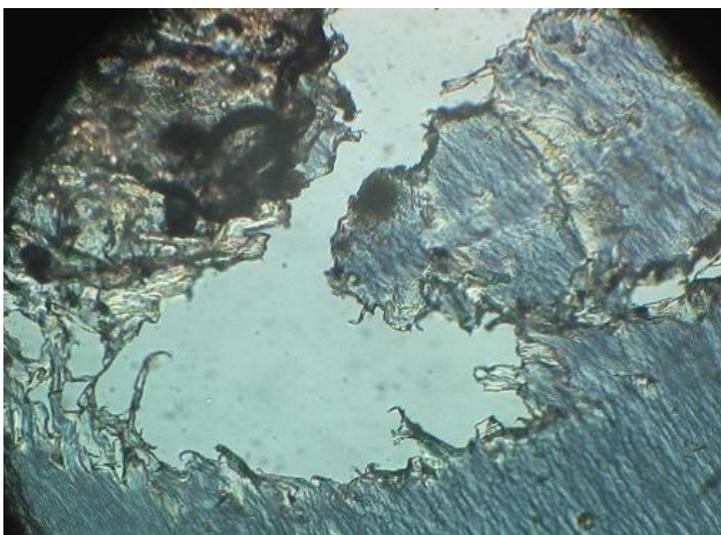


Рис. 2. Фрагмент ПЭ, поеденный личинками восковой моли. Оптика Намарского. Ув. 10.



Рис. 3. Экскременты личинок восковой моли, промытые водой. Ув. 20.

1. Karpenko A.A., Odintsov V.S. Assessment of microplastic degradation in bottom sediments using Raman microspectroscopy and atomic force microscopy // *Rus. J. Mar. Biol.* 2023. Vol. 49. P. 251–258.
2. Осокина А.С., Бодалева А.П., Платунова Г.Р. Перспектива биодеструкции отходов из полимерных материалов с применением личинок *Galleria mellonella* L. // *Вест. Удмурт. универ. Сер. биол. Науки о Земле.* 2018. Т. 28. С. 376–383.

АКАДЕМИК АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ ЖИРМУНСКИЙ – ПЕДАГОГ И ВОСПИТАТЕЛЬ, СОЗДАТЕЛЬ КОГНИТИВНОГО КОДА МОРСКИХ БИОЛОГОВ

Дроздов А.Л.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, anatoliyld@mail.ru

Алексей Викторович (15.10.1921 – 20.10.2000) имел элитное происхождение, был почти аристократом по рождению, но к простолюдинам относился с интересом и уважением. Он посвятил много времени и сил образованию и воспитанию молодых ученых. Работал со школьниками, читал популярные лекции в рамках общества «Знание», встречался с группами студентов и преподавателей в школах и, наконец, создал Малую академию морской биологии для старшеклассников. Великое видно на расстоянии. Полвека близкого знакомства с академиком позволяет нам понять его личность.

С детства он общался с интересными, талантливыми людьми и хорошо понимал важность личного общения молодого человека с выдающимися людьми. На конференции и семинары в институт приглашались активные и передовые ученые Советского Союза и мировой науки. Летом на биостанции «Восток» гости станции вовлекались в повседневное неформальное общение. Алексей Викторович приглашал на станцию своих коллег и друзей.

Научные исследования студент Алексей Жирмунский начинал в лаборатории физиологии клетки ЛГУ под руководством Дмитрия Николаевича Насонова. Позднее этой лабораторией руководила его любимая аспирантка – профессор И.П. Суздальская. Она изучала парабиоз — конечный этап паранекротического процесса, который связан с обратимыми изменениями внутриклеточных белков и обычно сопровождается нарушением функциональных свойств клеток. Летом 1975 года Ирина Павловна вместе с мужем М.Н. Ботвинником работала на станции «Восток». Марк Наумович (1917–1994) был историк-антиковед, то есть специалист в комплексной науке об античности, о древних Греции и Риме, автор и соавтор научных и научно-популярных статей и книг. Он много практиковал в чтении популярных лекций для разной аудитории. Подобно греку Демосфену, Марк Антонович захотел говорить речь перед замороженной его выступлением публикой. Он придумал специальные занятия – говорил у костра на берегу моря, набрав в рот камушки, что придавало речи размеренность и четкость. Он увлекся слушателями, которые демонстрировали смекалку, амбициозность и большой интерес к его рассказам, и вместо одной лекции прочел целый курс лекций по антиковедению. За пару недель он убедил аудиторию, что греко-римская античность – предмет первостепенной важности. Древняя Греция стала родиной демократии, философии и литературы, а ее жители во многом повлияли на формирование нашего современного общества. В античной культуре наука впервые в истории

человечества выделяется в самостоятельную сферу. Не просто накопление знаний жрецами, но развитие профессиональной науки. Античные философы – это люди, которые понимали, как все обстоит на самом деле. Философия бессмысленна вне личности, она тогда вне разума. Сократ воспитал Платона, а тот уже сконструировал Аристотеля для построения идеальной утопии идеального мира. Философия отделена от науки и отождествлена с искусством, поскольку сами идеи суть продукт воображения. Марк Наумович начал читать популярные лекции будучи в тюрьме, о чем написал отдельный очерк [1]. Он очень хорошо чувствовал и понимал любую аудиторию: от зеков до сотрудников Эрмитажа.

После войны Алексей Викторович много времени проводил в Комарово, где у его деда в академическом поселке был особняк. В академическом городке проживало множество известных деятелей науки и искусств. У Жирмунских сложились дружеские отношения с семьёй профессора Г.А. Гуковского. Его дочь, педагог и писательница Наталья Долинина (1928–1979), на «Востоке» читала литературоведческие лекции. Так получилось, что русская культура – это писатели. Это следует принять как данность. XIX век – золотой век русской литературы. Первая половина XX века – это Михаил Афанасьевич Булгаков (3.5.1891–10.3.1940). Бунин, Зайцев, Набоков – уже больше европейцы и американцы. После кончины Булгакова долго не печатали. В 1966–1967 гг. опубликован «Мастер и Маргарита», в 1925 и 1987 гг. «Собачье сердце».

После выхода в 1988 г. научно-фантастического фильма «Собачье сердце», снятого по мотивам повести Михаила Булгакова, блогосфера взорвалась. Обсуждался прототип профессора Преображенского. Всё сходилось к тому, что им был выдающийся биолог Илья Иванович Иванов (1870–1932). Он был основоположником искусственного осеменения и межвидовой гибридизации животных. Принимал участие в международном проекте по выведению гибрида человека с другими приматами. По его инициативе был организован Сухумский обезьяний питомник. В этой истории много мистики, которая разогревается суждениями в околонучных статьях и книгах [2–4]. Сын Ильи Ивановича, Илья Ильич (1904–1977), помогал отцу в работе. Он стал известным специалистом в области биохимии подвижных клеток (сперматозоидов, трипаносом), мышц, лучевых поражений и злокачественных новообразований, а также клинической энзимологии и биохимии гельминтов [5, 6]. В 1970-х годах он несколько летних сезонов работал на биостанции «Восток». Его лекции и доклады были интересны и полезны. Особенно привлекательны были его суждения о гель-золь переходах в цитоплазме клеток и о емкости. Жаль, что тогда никто не знал об его участии в егенических проектах, и мы не расспрашивали о них.

1. Памяти Марка Наумовича Ботвинника / сост.: И. П. Суздальская, Н. М. Ботвинник. Обществ. правозащит. орг. «Гражданский контроль». М. 1997. 244 с.

2. Россиянов К.О. Опасные связи: И. И. Иванов и опыты скрещивания человека с человекообразными обезьянами // Вопросы истории естествознания и техники. 2006. № 1. С. 3–51.

3. Скаткин П.Н. Илья Иванович Иванов – выдающийся биолог. М.: Наука. 1964. 186 с.

4. Збарский Б.И., Иванов И.И., Мардашев С.Р. Биологическая химия: Учебник для мед. ин-тов. Л.: Медицина. Ленингр. отд. 1972. 582 с.

5. Иванов И.И., Коровкин Б.Ф., Маркелов И.М. Введение в клиническую энзимологию. Л.: Медицина. 1974. 277 с.

6. Иванов И.И., Коровкин Б.Ф., Г.П. Пинаев Г.П. Биохимия мышц. М.: Медицина. 1977. 344 с.

РЕЦЕПТОРНЫЕ КЛЕТКИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МОРСКИХ ГАСТРОПОД

Евнукова Е.А.^{1,2}, Зайцева О.В.^{1,3}

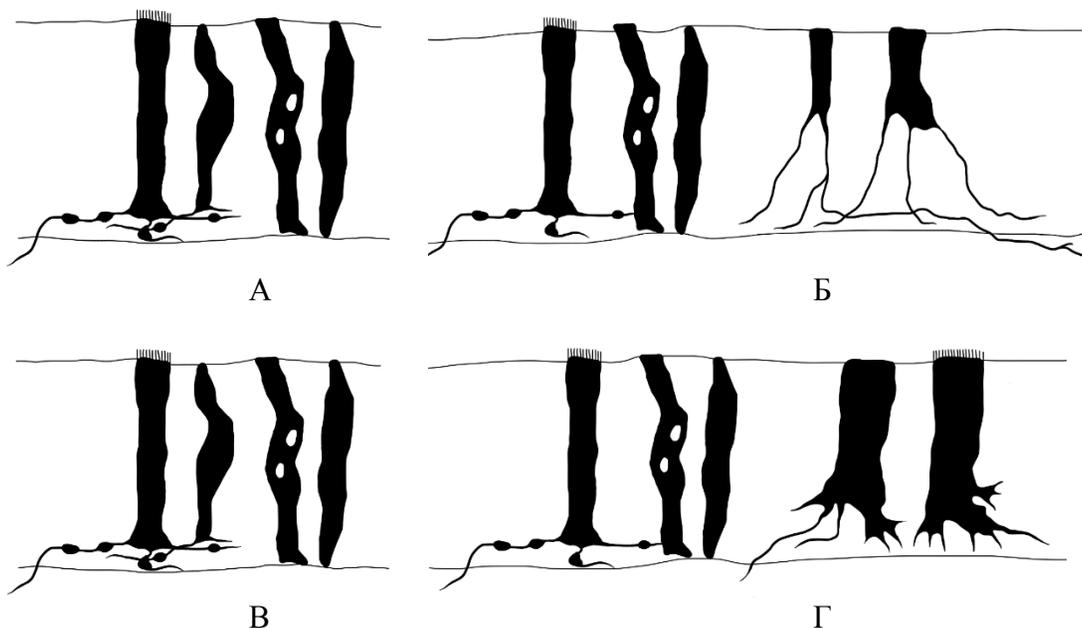
¹*Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
dusia.evnikova@yandex.ru*

³*Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский
университет, г. Санкт-Петербург, ovzaitseva@inbox.ru*

Изучению организации висцеральной нервной системы пищеварительного тракта позвоночных посвящено много работ, в то время как о нервной системе пищеварительного тракта большинства беспозвоночных известно крайне мало. Это не позволяет выявить закономерности и особенности становления и развития этой регуляторной системы в ходе эволюции, а также ее возможные адаптации к разному типу питания, образу жизни и среде обитания. Известно, что в эпителии пищеварительного тракта у позвоночных животных присутствуют только эндокринные клетки, а нервные элементы сконцентрированы субэпителиально и образуют метасимпатическую нервную систему, представленную нервными сплетениями и расположенными в них ганглиями. Проведенные нами ранее предварительные исследования показали, что у представителей гастропод и немертин, в отличие от позвоночных, значительная часть нервных элементов сконцентрирована в эпителии пищеварительного тракта, а также присутствуют смешанные экзо-эндокринные клетки, что ставит под сомнение устоявшееся мнение об исключительно эктодермальном происхождении нервной системы пищеварительного тракта [1–3].

Целью настоящей работы стало сравнительное исследование организации интраэпителиальной составляющей регуляторной системы пищеварительного тракта на примере ряда представителей беломорских брюхоногих моллюсков из подклассов Caenogastropoda (*Littorina littorea*, *Vuccinum undatum* и *Cryptonatica affinis*) и Heterobranchia (*Coryphella verrucosa*). Животные были собраны на сублиторали в Чупинской губе в районе ББС «Картеш» ЗИН РАН. Были исследованы: пищевод, зоб (при наличии), желудок, печень (пищеварительная железа) и задняя кишка. Был применен нейростологический метод импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи-Колонье. Метод основан на избирательном осаждении соединений серебра на телах нервных, нейросекреторных и рецепторных клеток и их отростках у беспозвоночных и позвоночных животных.



Интраэпителиальные регуляторные клетки в пищеварительном тракте гастропод: А – *Littorina littorea*, Б – *Buccinum undatum*, В – *Coryphella verrucosa* и Г – *Cryptonatica affinis*.

Показано, что в эпителии всех отделов пищеварительного тракта исследованных моллюсков присутствует значительное количество разнообразных нервных клеток, апикальная часть которых доходит до просвета тракта, что предполагает их рецепторную функцию. У большинства этих клеток удается выявить несколько аксоноподобных отростков, отходящих от их базальной части и образующих базисэпителиальное нервное сплетение (рис.). Часть отростков покидает эпителий и уходит в подлежащие ткани стенки пищеварительного тракта. Форма выявленных рецепторных клеток отличается в пределах даже одного отдела пищеварительного тракта у всех исследованных видов моллюсков. Большая часть клеток не имеет выраженного периферического чувствительного отростка, хотя у ряда клеток апикальная часть слегка вытянута и заужена. На апикальной поверхности рецепторных клеток иногда удается наблюдать присутствие ресничек или едва заметных мелких выростов, которые могут соответствовать микроворсинкам. Существенных отличий в морфологии рецепторных клеток в разных отделах пищеварительного тракта достоверно выявить не удастся, однако рецепторные клетки желудка у всех видов характеризуются наибольшим разнообразием. Можно отметить особую форму клеток в желудке *B. undatum* и *C. affinis* (рисунок, Б и Г). У *B. undatum* выявляются клетки, тела которых не доходят до базальной мембраны и их аксоны начинаются уже в середине эпителия. Своеобразные по форме отростки характерны и для рецепторных клеток *C.*

affinis. Кроме клеток с аксонами, в эпителии всех отделов пищеварительной системы моллюсков выявляются сходные по форме клетки, не имеющие аксоны или имеющие несколько коротких базальных отростков, которые скорее можно назвать выростами, примыкающими, по всей видимости, непосредственно к базальной мембране. У многих из этих клеток в цитоплазме наблюдаются разные по форме светлые (неимпрегнирующиеся серебром) вакуоли (рис.). Ранее было показано с помощью трансмиссионной микроскопии, что такие вакуоли могут содержать секреторный материал, характерный для экзокринных клеток пищеварительного тракта гастропод, при том, что сами клетки содержат также характерные для нейросекреторных клеток гранулы [3]. Полученные данные позволяют рассматривать интраэпителиальные клетки без аксонов в качестве эндокринных, а аналогичные клетки со светлыми вакуолями в качестве смешанных экзо-эндокринных. Проведенное исследование показывает, что интраэпителиальная составляющая регуляторной системы пищеварительного тракта широко представлена в разных систематических группах гастропод. Присутствие в ней рецепторных клеток, нервных сплетений и смешанных экзо-эндокринных клеток свидетельствует в пользу местного энтодермального происхождения этой части регуляторной системы.

В работе использовано оборудование ЦКП «Таксон» ЗИН РАН (<http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/>). Работа выполнена при поддержке государственной темы № 125012800894-6.

1. Zaitseva O.V. Nerve cells in the digestive tract epithelium of gastropods // Dokl. Biol. Sci. 2006. Vol. 408. № 2. P. 220–222.

2. Zaitseva O.V, Petrov S.A., Petrov A.A. Sensory systems of *Lineus ruber* (Nemertea, Pilidiophora) // Zoomorphology. 2020. Vol. 139. № 4. P. 447–459.

3. Зайцева О.В. Эволюционные аспекты формирования дисперсной эндокринной системы пищеварительного тракта // Морфология. 2019. Т. 156. № 6. P. 33–37.

ЭТАНОЛАМИД СТЕАРИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ ИНГИБИРУЕТ ЛПС-ИНДУЦИРОВАННОЕ ВОСПАЛЕНИЕ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК МИКРОГЛИИ МЫШИ SIM-A9

Егораева А.А., Манжуло И.В., Пономаренко А.И., Ивашкевич Д.Н.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, egoraeva.nastya@gmail.com

Нейровоспаление является естественной реакцией организма в ответ на различные стимулы: инфекции или травмы, помогает сдерживать повреждение и инициирует процесс заживления. Однако большое количество исследований свидетельствуют о том, что хроническое нейровоспаление является ключевым фактором, приводящим к развитию нейродегенеративных заболеваний [1]. При этом, особое внимание уделяют микроглиальным клеткам из-за их многочисленных функций. Они мигрируют к пораженной области, фагоцитируют клеточный дебрис или поврежденные клетки, а также секретируют про- или противовоспалительные медиаторы. Также микроглия может индуцировать реактивный фенотип A1 астроцитов, усиливая цитотоксическое действие на окружающие нейроны, тем самым способствуя образованию хронического повреждения [2]. Поэтому создание новых терапевтических стратегий лечения, основанных на подавлении нейровоспалительной реакции, является приоритетной задачей современной науки.

В этой связи, перспективными соединениями являются N-ацилэтанолламины (NAE) – класс биоактивных липидных молекул. Они в несколько десятков раз по эффективности превосходят омега-3 ПНЖК, проявляя противовоспалительную активность, усиливая выработку нейротрофинов и антиоксидантных ферментов. В нашем исследовании использовался этаноламид стеариноновой кислоты (ЭСК).

Этаноламид стеариноновой кислоты был получен из *Sardinops melanostictus* по методу, разработанному в лаборатории фармакологии ННЦМБ ДВО РАН. Исследования *in vitro* проводили на микроглиальной клеточной линии Sim-A9, добавляя ЭСК в концентрациях 0.1, 1 и 10 мкМ. Влияние ЭСК на жизнеспособность микроглии проанализирована с помощью MTS-теста. Для выявления противовоспалительной активности микроглию обрабатывали ЭСК (0.01–10 мкМ) в течение часа, затем активировали липополисахаридом (ЛПС, 1 мкг/мл). Оценивалась способность подавлять выработку провоспалительных медиаторов: оксида азота (NO), активных форм кислорода (АФК), нитритов, интерлейкина-1 β (ИЛ-1 β), ИЛ-6, CD68 и фактора некроза опухоли α (ФНО α).

На сегодняшний день известно, что микроглиальные клетки являются неоднородной популяцией и в зависимости от поступающих стимулов могут поляризоваться как в сторону провоспалительного M1-фенотипа, так и в

сторону противовоспалительного M2-фенотипа [1]. В качестве индуктора воспалительной реакции использовался ЛПС, который действует через TLR4 и активирует сигналинг NFκB, приводя к выработке провоспалительных медиаторов [3]. В результате было показано, что обработка микроглии ЛПС приводила к увеличению продукции провоспалительных медиаторов (ИЛ1β, ИЛ6, ФНОα, АФК, NO, нитритов). Также методом RT-PCR выявлено, что обработка ЛПС приводила к поляризации микроглии в сторону M1-фенотипа, увеличивая экспрессию маркера CD68. В то же время инкубация микроглиальных клеток с исследуемым веществом достоверно предотвращала развитие всех вышеперечисленных патологических эффектов, опосредованных ЛПС. Кроме того, этаноламид стеариновой кислоты не проявлял цитотоксического действия во всех исследуемых концентрациях.

Таким образом, добавление ЭСК к микроглиальной культуре клеток предотвращало развитие ЛПС-опосредованного воспаления, за счет снижения активации глии и высвобождения провоспалительных цитокинов.

1. Shao F., Wang X., Wu H., Wu Q., Zhang J. Microglia and neuroinflammation: crucial pathological mechanisms in traumatic brain injury-induced neurodegeneration // *Front Aging Neurosci.* 2022. Vol. 14.
2. Clark D.P.Q., Perreau V. M., Lei E., Dixit S., Beart P.M., Boon W.C. Inflammation in traumatic brain injury: roles for toxic A1 astrocytes and microglial-astrocytic crosstalk // *Neurochem Res.* 2019. Vol. 44. P. 1410–1424.
3. Latyshev N.A., Ermolenko E.V., Kasyanov S.P. Concentration and purification of polyunsaturated fatty acids from squid liver processing wastes // *European J. Lipid Sci. Technol.* 2014. Vol. 116. P. 1608–1613.
4. Hoogland I.C.M, Houbolt C., Westerloo D.J., Gool W.A., Beek D. Systemic inflammation and microglial activation: systematic review of animal experiments // *J. Neuroinflammation.* 2015. Vol. 12.

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИГОДОВОЙ ДИНАМИКИ ФИТОПЛАНКТОНА БУХТЫ ЧЕРНЫШЕВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Елисейкина У.А.^{1,2}, Тевс К.О.¹, Шульгина М.А.^{1,3}

¹Научно-образовательный комплекс «Приморский океанариум» - филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток,

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

³Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН г. Владивосток, eliseikina.ua@dvfu.ru

На протяжении многих лет отмечается, что прибрежные воды залива Петра Великого Японского моря в значительной степени подвержены антропогенному воздействию. Исключением не стали и заливы второго порядка – Амурский и Уссурийский. Несмотря на многолетнюю историю изучения фитопланктона вблизи города Владивосток, основной акцент исследований сосредоточен на Амурском заливе; Уссурийский залив остается до настоящего времени слабо изученной акваторией. При организации исследований в прибрежных зонах особое внимание уделяется микроводорослям, как основному продуценту органического вещества и первичному звену в трофической цепи, наиболее чутко реагирующему и объективно отражающему особенности структурно-функциональной организации гидробиоценозов. Биоразнообразии, выраженное числом видов, может быть использовано при анализе флоры и служить основой для выявления изменений, происходящих в водной среде. Представленные данные о качественном и количественном анализе фитопланктона б. Чернышева (Уссурийский залив) лягут в основу прогноза изменений качества вод прибрежной зоны о-ва Русский.

В основу работы легли планктонные сборы, выполненные с января по декабрь 2020 г. в б. Чернышева. Пробы отбирали 5-ти литровым батометром Нискина с горизонта 0,5 м. Материал фиксировали раствором Утермеля, концентрирование проб проводили методом осаждения. Доминирующими считали виды, плотность которых превышала 20% от общего количества видов. Видовую идентификацию фитопланктона проводили с помощью методов световой и электронной микроскопии. Определение концентрации хлорофилла *a* проводили стандартным экстрактным спектрофотометрическим методом.

В результате оригинальных исследований в б. Чернышева обнаружены 100 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к шести классам: Bacillariophyceae (58 таксонов), Dinophyceae (37), Dictyochophyceae (2), Raphidophyceae (1), Euglenophyceae (1), Cryptophyceae (1). Анализ сезонной динамики видового разнообразия показал, что максимальное количество видов было отмечено в сентябре (43 таксона), наименьшее – в начале июня (6 таксонов).

Численность микроводорослей изменялась от 8,4 тыс. кл./л до 1,5 млн кл./л, биомасса – от 0,02 г/м³ до 7,2 г/м³. Наибольшее значение численности и биомассы наблюдались в августе, наименьшие – в апреле. В сезонной динамике развития фитопланктона отмечали наличие двух пиков развития: один летний и один зимний. Летние пики отмечали в июне ($t_{\text{воды}}=15^{\circ}\text{C}$; $S=33\%$) и августе ($t_{\text{воды}}=19,5^{\circ}\text{C}$; $S=31\%$), в период доминирования в сообществе *Skeletonema dohrnii* (419,8 тыс. кл./л и 1,5 млн кл./л соответственно). Зимой увеличение численности микроводорослей ($t_{\text{воды}}=-1,8^{\circ}\text{C}$; $S=31,8\%$) было обусловлено массовым развитием *Thalassiosira nordenskioldii* (1 млн кл./л). Динамика биомассы микроводорослей в основном коррелировала с сезонными изменениями их численности, однако количество пиков по биомассе было выше, чем по численности. В зимний период наблюдали два пика биомассы фитопланктона: в январе ($t_{\text{воды}}=-0,9^{\circ}\text{C}$; $S=29,1\%$) и феврале ($t_{\text{воды}}=-1,8^{\circ}\text{C}$; $S=37\%$), обусловленные развитием *T. nordenskioldii* (3,4 г/м³ и 2,3 г/м³ соответственно). Летом, при температуре воды 19,5°C и солёности 31% массово развивался крупноклеточный *Ditylum brightwellii* (7,2 г/м³). Осенью ($t_{\text{воды}}=14^{\circ}\text{C}$; $S=34\%$) пик биомассы был вызван преобладанием *Thalassionema frauenfeldii* (3,9 г/м³).

Сезонная динамика основного пигмента клеток фитопланктона – хлорофилла *a* была схожа с динамикой численности микроводорослей в районе наблюдений. Концентрация пигмента изменялась в пределах 0,5–10,5 мкМ. Максимальные значения отмечали в январе в период массового развития *T. nordenskioldii*.

В летне-осенний период отмечали доминирование в районе исследования диатомей рода *Skeletonema*, что может свидетельствовать о высоком уровне трофности вод в результате повышения концентрации биогенов, главным образом азота, фосфора, и растворенных органических веществ в воде в условиях влияния природных или антропогенных источников. При изучении фитопланктона помимо видов рода *Skeletonema* в отдельные месяцы были отмечены и другие индикаторы трофности вод умеренного и значительного органического загрязнения – *Cocconeis scutellum*, *Licmophora abbreviata*, *Grammatophora marina*. При этом *L. abbreviata* являлся одним из основополагающих доминирующих видов, достигая до 99% от общей численности фитопланктона в летний период. На всех станциях также наблюдали развитие толерантных к воздействию неблагоприятных условий среды видов *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudonitzschia pungens*, *Thalassionema nitzschioides*, *Eutreptia lanowii*, входящих в состав доминант в различные сезоны.

Для б. Чернышева отмечена характерная особенность – отсутствие весеннего подъема численности и биомассы фитопланктона. Акватория б. Чернышева характеризуется высоким водообменом с открытой частью залива, что влечет за собой отсутствие ледяного покрова зимой, который играет весомую роль в поступлении основных биогенных элементов весной в период

таяния льда. Возможно, отсутствие льда и усиленный водообмен с открытой частью залива обуславливают низкое значение количественных характеристик на исследуемой акватории.

В целом, количественные характеристики фитопланктона исследованных вод сопоставимы с таковыми для соседних акваторий и одного порядка с высокопродуктивными районами умеренных широт.

Исследования проведены на площадке ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).

НОВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ИНДЕКСА ШИРОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Емелин П.О.

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва
e-mail: emelin@vniro.ru*

Район северной части Берингова и Чукотского морей – единственный путь поступления относительно тёплых и богатых минеральными питательными веществами тихоокеанских вод в Северный Ледовитый океан. Одно из последствий изменений климата в нём – бореализация, сопровождающаяся сдвигами в сроках наступления ключевых сезонных физических и биологических процессов и смещением границ биогеографических зон в северном направлении при расширении ареалов различных компонентов биоты на север. Комплексные экосистемные исследования в ИЭЗ РФ Чукотского моря, проведенные в период с 2010 по 2020 гг. на судах ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», показали значительные межгодовые изменения численности и биомассы тресковых рыб. Начиная с 2018 г., в районе исследований отмечено массовое перераспределение минтая *Gadus chalcogrammus* из Берингова моря, биомасса которого в южной части Чукотского моря выросла с 10.8 т в 2003 г. до 157.2 тыс. т. в 2020 г. [1]. Начиная с 2021 г., в Чукотском море ведется специализированный промысел минтая. Для 2018-2020 гг. было отмечено появление крупных особей тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* и снижение биомассы сайки *Boreogadus saida*. В целом, современные перестройки в сообществе nekтона Чукотского моря характеризуются не только ростом биомассы тресковых и камбаловых рыб, суммарная доля которых возросла с 79 до 96%, но и тем, что рост биомассы был характерен именно для видов бореального комплекса.

Целью работы является подбор биогеографического индекса, чувствительного к выявленным перестройкам в структуре nekтонного сообщества.

В качестве комплексного биогеографического показателя был выбран индекс широтной зональности [2]. В его методическую основу положены классификация и типология ареалов биологических видов в системе планетарных широтных зон. Ранги присваивали границам между подзонами в порядке увеличения от тропиков (экватор получил ранг 0) к северным широтам, заканчивая в высокоарктической подзоне (Северный полюс получил ранг 6). Последовательность рангов была названа шкалой индексов широтной зональности (ИШЗ), к которым уже были применены стандартные статистические операции по их усреднению для всех видов, встреченных в траловых уловах. Для nekтона Чукотского моря принадлежность видов к той или иной зоогеографической группировке устанавливалась на основе сведений из Атласа морских рыб Арктики [3] и других литературных источников. Проверка актуальных названий видов проведена по электронным каталогам Эшмайера и

портала FishBase. В результате проверок первоначальных записей в траловых карточках были устранены ошибки, вызванные использованием устаревших определителей и видовых каталогов, исключено использование синонимичных видовых названий в различные годы проведения исследований.

Видовой состав nekтона по данным донных тралений в 2010-2020 гг. был представлен 66 видами, в составе которых были: 63 вида костистых рыб, 1 вид хрящевых рыб и 2 вида головоногих моллюсков. Виды входили в состав 5 зоогеографических группировок: арктические, высокобореально-арктические, аркто-бореальные, высокобореальные, бореальные. За весь период исследований, наибольшее количество видов было характерно для аркто-бореальной группировки, отличительной характеристикой которой является естественное воспроизводство популяций в обоих широтных зонах.

Индекс вполне ожидаемо показал различия видового состава nekтона в широтном отношении (табл.): в южной части моря ($< 71^{\circ}\text{N}$) значения были ниже за счет присутствия бореальных видов, в северной ($> 73^{\circ}30'\text{N}$) – выше по причине более высокого значения ранга арктических. При этом его межгодовая изменчивость не была показательной в отношении ранее выявленных перестроек структуры nekтона. Общее число и доля бореальных видов в 2018-2020 гг. были выше относительно 2010 г., однако величины индекса оказались крайне чувствительны к показателю видового богатства.

Учитывая высокую изменчивость интегральных характеристик обилия видов в составе зоогеографических группировок, для качественного описания экосистемных перестроек структуры nekтона с биогеографических позиций была разработана «взвешенная» модификация индекса. При его расчете величина биомассы использована в качестве множителя для каждого вида в составе улова (пробы), с учетом его ранга зоогеографической группировки, и приведена к общей биомассе улова (пробы). Таким образом, доля биомассы выступает в качестве «статистического веса».

Новая модификация индекса широтной зональности дает не только возможность качественно охарактеризовать зоогеографический состав nekтона, но и учесть вклад каждого вида в структуру биомассы, что намного лучше отражает энергетические потоки в экосистеме. Новый показатель можно использовать как количественную меру бореализации для любых биотических компонент экосистемы, если известны их зоогеографические характеристики.

Значения индекса широтной зональности и его «взвешенной» модификации в Чукотском море: южная часть (<71°N), центральная (71°-73°30'N), северная (> 73°30'N)

Год (район)	ИШЗ по стандартной методике [2]				ИШЗ, взвешенный по биомассе			
	mi n	ma x	средне е	S D	min	max	среднее	SD
2010 (<71°N)	3.7	5.0	4.1	0. 4	4.1	5.0	4.7	0.3
2018 (<71°N)	3.9	4.2	4.0	0. 1	3.6	4.7	3.8	0.3
2018 (>73°30'N)	3.7	4.2	3.9	0. 1	4.1	4.9	4.7	0.2
2019 (<71°N)	4.0	5.0	4.2	0. 2	3.5	5.0	3.7	0.3
2019 (71°-73°30'N)	4.0	4.5	4.2	0. 1	3.5	4.9	4.4	0.5
2019 (> 73°30'N)	4.2	4.7	4.4	0. 2	4.4	5.0	4.9	0.2
2020 (<71°N)	3.9	4.6	4.1	0. 1	3.5	5.0	3.8	0.4

1. Maznikova O.A., Emelin P.O., Sheibak A.Yu., Nosov A.M., Orlov A.M. Can an invader support commercial fishing? A case study of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in the western Chukchi Sea // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2022. Vol. 207. 105222. <http://doi.org/10.1016/j.dsr2.2022.105222>

2. Суханов В.В., Иванов О.А. Сообщества нектона в северо-западной части Японского моря: монография. Владивосток: ТИНРО-центр, 2009. 282 с.

3. Mecklenburg, C.W., Lynghammar A., Johannesen E., Byrkjedal I., Christiansen J.S., Dolgov A.V., Karamushko O.V., Mecklenburg T.A., Møller P.R., Steinke D., and Wienerroither R.M. 2018. Marine Fishes of the Arctic Region. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri, Iceland. 2018.

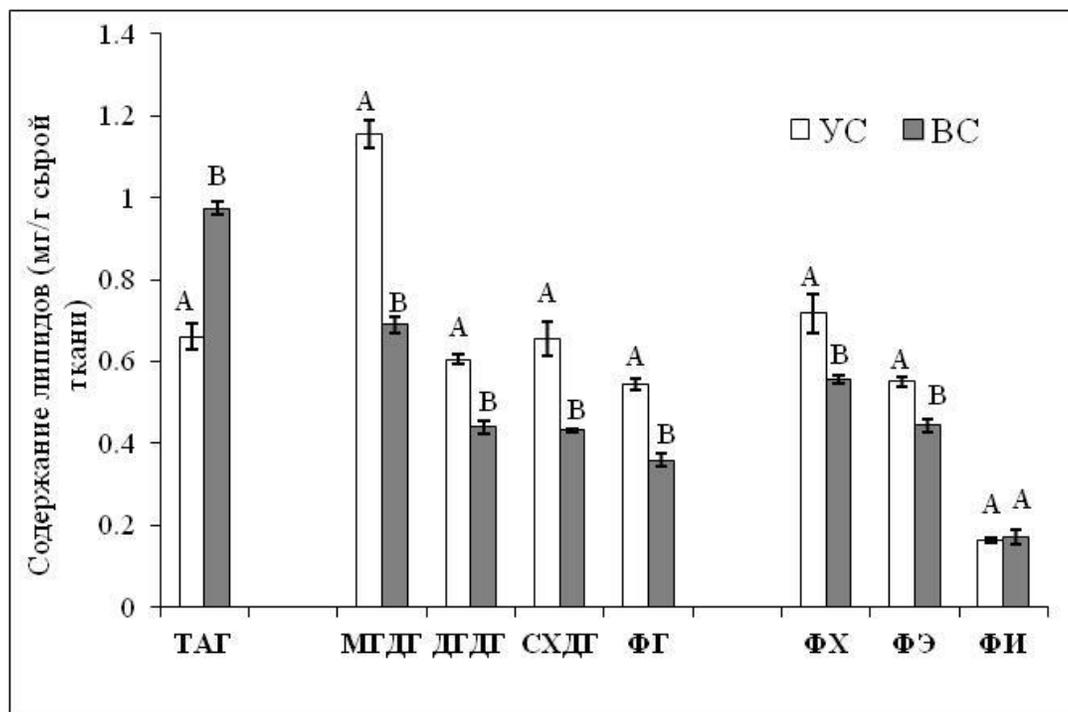
РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИПИДОВ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ МЕМБРАН БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (*UNDARIA PINNATIFIDA*) В ОТВЕТ НА ВЫСОКУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ СВЕТА

Жукова Н.В., Яковлева И.М.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, nzhukova35@list.ru

Свет является источником энергии для фотосинтеза и, следовательно, способствует регуляции множества физиологических и метаболических процессов в клетках фотоавтотрофных организмов. Для бурых макроводорослей, индуцированная высокой освещенностью регуляция физических и биохимических свойств фотосинтетических мембран, в частности на уровне организации их липидного матрикса, до сих пор остается мало изученной. Мы провели сравнительную оценку содержания липидов по классам и количественных характеристик их жирных кислот, а также ультраструктуры хлоропластов и фотосинтетических характеристик бурой макроводоросли *Undaria pinnatifida* после длительного воздействия света высокой и умеренной интенсивности (соответственно, ВС, 400 мкмоль фотонов м⁻² с⁻¹ и УС, 270 мкмоль фотонов м⁻² с⁻¹). Установлено, что *U. pinnatifida* отреагировала на высокую интенсивность света снижением уровня липидов тилакоидных мембран, моногалактозилдиацилглицерина, дигалактозилдиацилглицерина, сульфохиновозилдиацилглицерина и фосфатидилглицерина (рис.), в то время как характер модуляций ацильных групп этих липидных молекул был специфическим.

Показано увеличение содержания запасных липидов, триацилглицеринов, обогащенных n-3 полиненасыщенными жирными кислотами, после длительной экспозиции на свету высокой интенсивности. Установлено, что общим ответом на длительное воздействие света высокой интенсивности для изученных липидов тилакоидных мембран, за исключением сульфохиновозилдиацилглицерина, является ремоделирование состава жирных кислот в сторону увеличения процентного содержания насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот по сравнению с полиненасыщенными жирными кислотами, что предполагает осуществление фотозащитной стратегии против усиления перекисного окисления липидов. В целом, нами показано, что ремоделирование липидов фотосинтетических мембран, сопровождающееся структурными изменениями в хлоропластах и модуляциями в работе фотосинтетического аппарата, повышало способность *U. pinnatifida* противостоять длительному воздействию света высокой интенсивности, тем самым способствуя выживанию водоросли в условиях неоптимальной освещенности.



Содержание липидов тилакоидных мембран (мг/г сырой ткани) в *Undaria pinnatifida* после 35 сут экспозиции на свету умеренной (УС) и высокой (ВС) интенсивности (соответственно, 270 и 400 мкмоль фотонов м⁻² с⁻¹). Приведены средние значения ±SE, n=3. Разные буквенные индексы показывают наличие статистически значимых различий ($P < 0.05$) параметра между световыми вариантами согласно Turkey HSD тесту. Обозначения: ТАГ, триацилглицерин; МГДГ, моногалактозилдиацилглицерин; ДГДГ, дигалактозилдиацилглицерин; СХДГ, сульфохиновозилдиацилглицерин; ФГ, фосфатидилглицерин; ФХ, фосфатидилхолин; ФЭ, фосфатидилэтанолламин; ФИ, фосфатидилглицерин.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЧАТКА ДЕФИНИТИВНОГО ТЕЛА У ЛИЧИНОК МОРСКОГО ЕЖА *MESOCENTROTUS NUDUS*

Зацепилина Д.С.¹, Танкович А.Е.²

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
zatsepilina.ds@dvfu.ru

²Национальный научный центр морской биологии им А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, alytankovich@gmail.com

Уже более столетия личинки морских ежей являются одним из традиционных объектов биологии развития. Во многом это связано с легкой доступностью личинок, простотой их организации и относительно быстрой скоростью развития и роста. Личиночное развитие морских ежей завершается катастрофическим метаморфозом, в ходе которого плавающая, двусторонне-симметричная личинка превращается в радиально-симметричного молодого морского ежа, ведущего донный образ жизни. Хотя процессы, протекающие в развивающемся зачатке дефинитивного тела у личинок морских ежей, привлекают все бóльшее внимание исследователей, многие аспекты развития зачатка до сих пор остаются малоисследованными. В частности, описание гистологических изменений в развивающемся зачатке ограничено, главным образом, работами конца XIX – начала XX века. В последние годы возродился интерес исследователей к описанию и переописанию личиночного развития морских ежей от оплодотворения до оседания и метаморфоза. Более того, были предложены несколько схем, описывающих стадии развития зачатка дефинитивного тела. Разработанные на основе наблюдений за живыми личинками, они описывают лишь изменения в морфологии зачатка (формирование первичных амбулакральных ножек, ювенильных и дефинитивных игл, дефинитивных скелетных элементов). К сожалению, эти схемы не дают понимания того, какие изменения в гистологической организации зачатка сопровождают изменения его морфологии. Целью данной работы явилось исследование гистологических изменений в развивающемся зачатке дефинитивного тела у личинок морского ежа *Mesocentrotus nudus* и сопоставление этих изменений с доступными в литературе схемами, описывающими стадии развития зачатка.

Наше исследование показало, что процесс формирования зачатка у *M. nudus* сходен с таковым у других морских ежей, но имеет уникальные особенности. Обнаружены ранее не описанные изменения гистологической организации эпителиев дна амниотической полости и прилегающей к нему стенки левого гидроцеля. Впервые показано, что приобретение центром левого гидроцеля кольцеобразной формы отличается от этого процесса, описанного у других видов морских ежей, и происходит без формирования крюкообразного выроста. Показано, что формирование дефинитивной нервной системы начинается сразу после образования эпинеуральных складок, с развития

радиальных нервов. Околоротовое нервное кольцо формируется позже и не имеет деления на гипоневральный и эпиневральный компоненты. Миоэпителиальные клетки в целомической выстилке амбулакральных ножек и радиальных каналов появляются одновременно с развитием присосок на вершинах первичных амбулакральных ножек. Сопоставление полученных в ходе исследования данных о гистологических изменениях в развивающемся зачатке дефинитивного тела морского ежа с доступными в литературе схемами позволяют глубже понять процессы, протекающие в развивающемся зачатке.

Данная работа поддержана грантом РНФ № 24-24-00380.

**ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ МАРКЕРОВ ДВУХ
ГЕНОВ (*Co-1* И *H3*) *LITOROGAMMARUS KARADAGIENSIS* (GRINTSOV,
2009) (AMPHIRODA, GAMMARIDAE) И СИСТЕМАТИКА РОДА
*LITOROGAMMARUS***

Золотова А.О.¹, Гринцов В.А.², Рябушко В.И.², Картавцев Ю.Ф.¹

¹Национальный научный центр морской биологии имени А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток,

²Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, anna.o.zolotova@gmail.com

Амфипода *Litorogammarus karadagensis* (Grintsov, 2009) обитает в зоне заплеска галечно-песчаных пляжей. Впервые этот вид был описан на пляжах в районах Карадага (восточный Крым), Батилимана и бухты Ласпи (Черное море). Ареал *L. karadagensis* простирается на весь Понто-Каспийский регион, с характерной адаптивной радиацией гаммарид этой группы.

Материалом для данной работы является выборка из шести экземпляров *L. karadagensis* (Grintsov, 2009), собранных 05.06.2022 в Батилимане на южном берегу республики Крым (44°25'12" с.ш., 33°41'48" в.д.). Материал отбирали вручную в зоне заплеска галечно-песчаного пляжа. Для сравнительного анализа привлекали последовательности из генного банка (GenBank NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

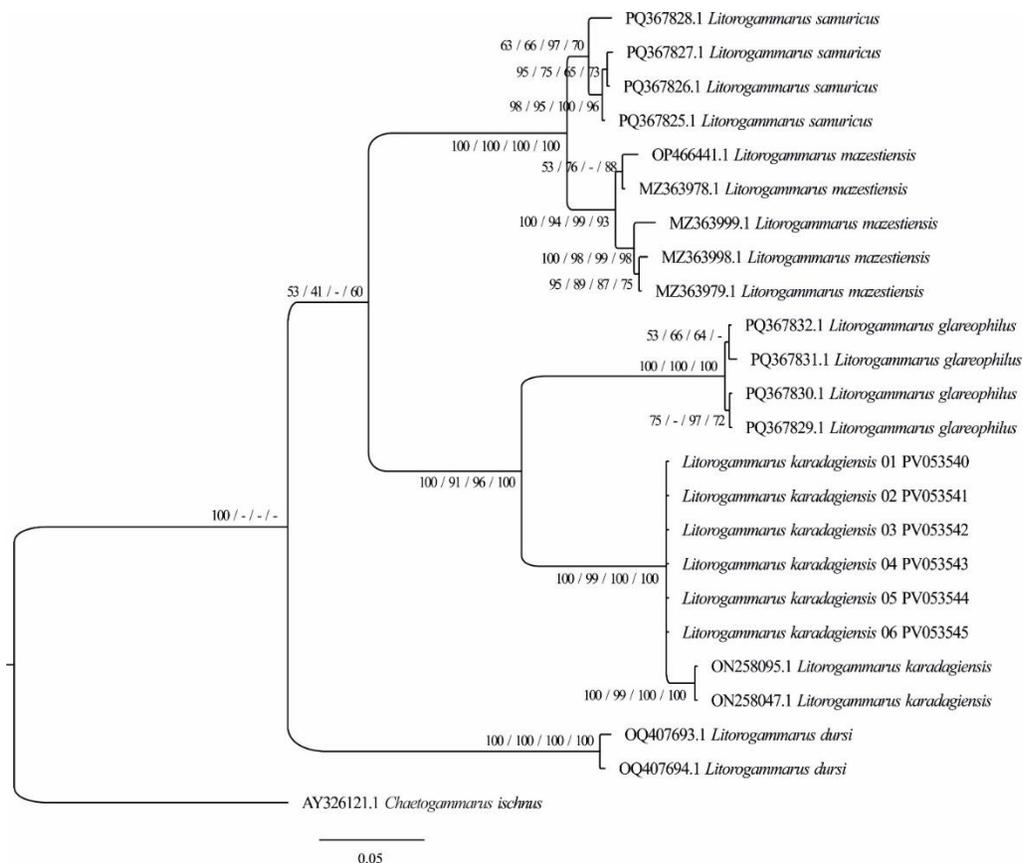
Проведен анализ нуклеотидных последовательностей митохондриального гена *Co-1* (субъединица 1 цитохромоксидазы с) и ядерного гена гистона *H3* у видов рода *Litorogammarus*. Результаты показали, что *Co-1* обладает высокой информативностью для таксономического уточнения, в то время как ген *H3* из-за низкой изменчивости оказался непригодным для видовой идентификации.

Применение методов *ABGD* и *ASAP* для оценки генетических расстояний (*p*-расстояний) подтвердило значимость варибельности *Co-1* в разграничении видов. Филогенетические реконструкции на основе этого гена выявили близкое родство между видами *L. karadagensis* и *L. glareophilus*, что согласуется с обнаруженными у них общими морфологическими признаками: наличием перистых щетинок на мандибулах, первых максиллах, максиллипедах, а также члениках гнатопод первой и второй пар. Показано, что *p*-расстояние для *L. mazestiensis* и *L. samuricus* составляет 4.3%, что на 10–15% меньше межвидовых *p*-расстояний выявленных видов рода *Litorogammarus*. Данные анализа *p*-расстояний, *ABGD* и *ASAP*-анализов ставят под сомнение выделение *L. samuricus* как отдельного вида. Возможно более уместно выделить *L. samuricus* в качестве подвида *L. mazestiensis*.

Особи *L. karadagensis*, собранные нами из места описания этого вида, образуют самые тесные ветви на филограммах и близки к последовательностям

Co-1 L. karadagiensis из генного банка, что доказывает принадлежность всех исследованных последовательностей *L. karadagiensis* к одному таксону (рис.).

Комплексный подход, сочетающий молекулярно-генетические и морфологические данные, продемонстрировал свою эффективность для решения таксономических вопросов в группе *Litorogammarus* и может быть рекомендован для дальнейших исследований амфипод.



Филогенетические взаимосвязи представителей рода *Litorogammarus*, реконструированные по последовательностям гена *Co-1*. Бутстреп-поддержки (Maximum Likelihood, Neighbor Joining, Maximum Parsimony) и вероятностные поддержки (Bayesian Phylogenetic Analysis, все даны в %) узлов генного дерева указаны в следующей последовательности: Bayesian Phylogenetic Analysis / Maximum Likelihood / Neighbor Joining / Maximum Parsimony.

ВИДОВОЙ СОСТАВ РЫБ И ОЦЕНКА ИХ ВЫЛОВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ЛОВА ПОДО ЛЬДОМ В ПОДЗОНЕ ПРИМОРЬЕ В ЯНВАРЕ–МАРТЕ 2025 ГОДА

Измятинский Д.В.¹, Асеева Н.Л.¹, Ким Л.Н.¹, Измятинская В.Н.²,
Кравченко Д.Г.³

¹Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО), г. Владивосток, denis.izmiatinskii@tinro.vniro.ru, nadezhda.aseeva@tinro.vniro.ru, kln07@bk.ru

²Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение, средняя общеобразовательная школа № 61, г. Владивосток, izmdenver@rambler.ru

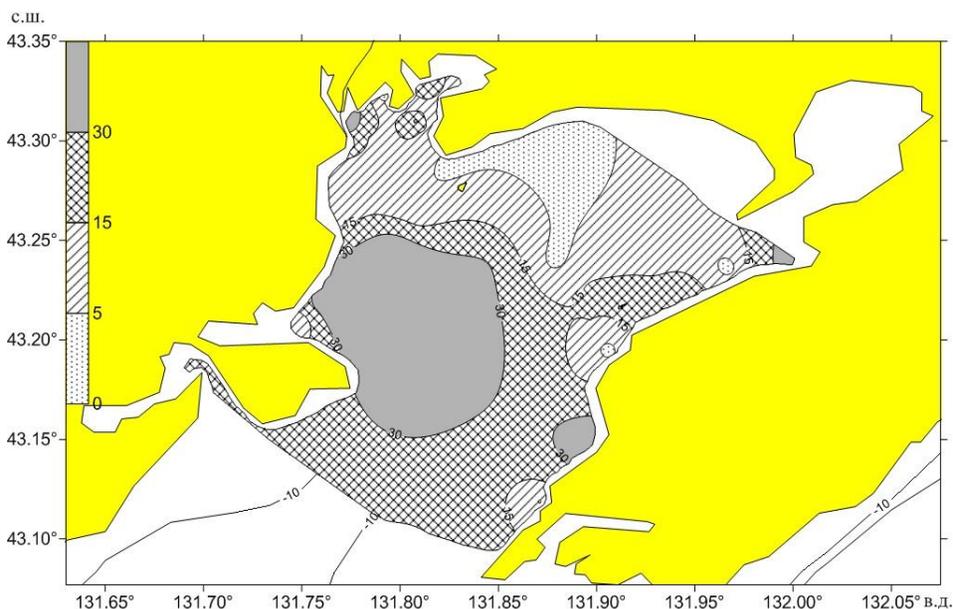
³Вооружённые силы РФ, В/Ч 2459, г. Владивосток, gennadyevich85@yandex.ru

При исследовании биоразнообразия морских акваторий необходимо рассматривать разные сезоны года, так как изменение погодных условий влечёт изменения в составе биоты. В сезоны открытой воды для исследования морской биоты могут привлекаться различные плавательные средства. Но это невозможно в моменты образования льда. Однако, если ледовое покрытие имеет достаточную прочность, то развивается подлёдный любительский лов, по результатам которого можно судить о распределении рыб подо льдом.

По нашим наблюдениям, при проведении подлёдного любительского лова в заливе Петра Великого в первом квартале 2025 г. зарегистрировано 92 точки лова, где любители, главным образом, ловили 5 объектов. Основные скопления дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* были отмечены в заливе Петра Великого, особенно в Амурском заливе (рис.).

Наибольшие концентрации полосатой камбалы *Liopsetta pinnifasciata* также обнаруживались в Амурском заливе, но больше, чем у наваги, были смещены к его вершине. Этот вид отмечался очень массово как около п. Тавричанка, так и в окрестностях залива Угловой. Азиатская корюшка *Osmerus dentex*, как в Амурском заливе, так и за его пределами, в зоне распространения льда, тяготела к максимально мористым участкам. При подлёдном лове наиболее широким распределением характеризовались тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* и малоротые корюшки рода *Hypomesus*, которые у берега попадались почти на всех участках формирования льда, доступных рыбакам-любителям.

Вследствие введения администрацией Приморского края ограничительных мер по выходу на лёд из-за его непрочности, число дней лова со льда и число участвующих в нём рыбаков в заливе Петра Великого в 2025 г. было меньше, чем в прошлые ледовые сезоны. В разных точках залива число дней подлёдного лова варьировало от 8 до 76, в среднем 48; а число рыбаков на льду – от 2 до 100 человек, в среднем 38.



Распределение наваги при подлёдном лове в Амурском заливе в январе – феврале 2025 г. (штук за 6 часов лова в расчёте на одного рыбака)

Восточнее мыса Поворотный (северное Приморье) число мест, пригодных для подлёдного лова, сильно сокращается, так как лёд здесь образуется только в некоторых закрытых участках бухт, в сообщающихся с морем озёрах лагунного типа и искусственных котлованах с морской водой. В зоне северного Приморья нами насчитано 10 мест, где рыбаки-любители осуществляли подлёдный лов морских и эстуарных рыб. Из них наиболее интенсивный подлёдный лов в 2025 г. вёлся в лагунных озёрах села Духово (Тернейский район) и в эстуариях рек Аввакумовка, Ольга (Ольгинский район) и Рудная (г. Дальнегорск).

Согласно нашим исследованиям, в первом квартале 2025 г. вылов рыбаков-любителей при подлёдном лове в заливе Петра Великого (668558 кг рыбы) уменьшился в 3 раза, по сравнению с прошлым годом, когда он достигал 2039164 кг [1]. В 2025 г. вылов подлёдного любительского лова в заливе существенно понизился по большинству отдельных объектов. Но вылов тихоокеанской сельди, по сравнению с прошлым годом, увеличился в 4.5 раза.

В северном Приморье объём подлёдного любительского вылова в первом квартале 2025 г. был небольшой: суммарно он составил 26895.51 кг. По численности здесь доминировали малоротые корюшки, но наибольший вклад в биомассу вылова внесла тихоокеанская сельдь (39.6%). При суммировании предполагаемого вылова в заливе Петра Великого и северном Приморье была получена экспертная величина общего подлёдного любительского вылова в Приморском крае в первом квартале 2025 г., которая составила 695453 кг.

Значительное уменьшение общего вылова при подлёдном любительском лове в 2025 г., по нашему мнению, связано не с уменьшением запасов рыб, а с нестабильной ледовой обстановкой. В 2025 г. в январе и феврале в заливе Петра Великого было зафиксировано в целом более обширное ледовое покрытие, чем в 2024 г. Но в 2024 г. сформировавшийся лёд сохранял свою прочность довольно продолжительное время, и на него можно было, относительно безопасно, выходить. В 2025 г. сильные понижения температуры воздуха приводили к формированию ледового покрытия. Но при следовавшем затем потеплении лёд тут же трескался, даже в самых закрытых и глубоко вдающихся в материк местах. Гидрологи объясняют это проникновением в залив тёплых ответвлений Цусимского течения [2], распространявшихся подо льдом и вызывавших его деформацию.

1. Асеева Н.Л., Измятинский Д.В. Оценка любительского рыболовства в заливе Петра Великого в зимне-весенний период 2024 г. // Вопр. рыболовства. 2025. Т. 26. № 1. С. 89–102.

2. Никитин А.А., Цыпышева И.Л., Зуенко Ю.И., Басюк Е.О. Структура Приморского течения (Японское море) на спутниковых изображениях и стандартных разрезах // Изв. ТИНРО. 2024. Т. 204. № 4. С. 843–865.

МОРСКИЕ БЛЮДЕЧКИ СЕМЕЙСТВА LEPETIDAE (MOLLUSCA, GASTROPODA) ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД

Ильин И.Д.^{1,2}, Чернышев А.В.^{1,2}, Шарина С.Н.²

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
ilinivan706@gmail.com

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, nemertea1969@gmail.com, sharina.svetlana@gmail.com

Lepetidae – семейство брюхоногих моллюсков подкласса Patellogastropoda, обитающих преимущественно в сублиторали. Для него характерны следующие морфологические признаки: небольшая, тонкостенная, одноцветная раковина; отсутствие специализированных органов дыхания (ктенидиев) и глаз; латеральные зубы радулы путем срастания образуют единый комплекс – «центральный» зуб.

Семейство Lepetidae включает 21 вид моллюсков из 7 родов. На шельфе дальневосточных морей России выявлено 4 вида семейства Lepetidae [1], которые, согласно международной классификации (MolluscaBase <https://www.molluscabase.org/>), выделяют в два рода: *Lepeta* Gray, 1842 и *Limalepeta* Moskaliev, 1977. К роду *Lepeta* относятся виды *L. caeca* (O.F. Müller, 1776), *L. concentrica* (Middendorff, 1848) и *L. kuragiensis* (Yokoyama, 1920); к монотипическому роду *Limalepeta* – *L. lima* (Dall, 1918). Для *Lepeta caeca* Москалев [1] выделял два подвида: *L. caeca caeca* (O.F. Müller, 1776) (Атлантический океан) и *L. caeca pacifica* Moskaliev, 1977 (Тихий океан). Помимо вышеуказанных представителей лепетид, в Японском море отмечен *Sagamilepeta sagamiensis* (Kuroda & Habe, 1971), встречающийся у берегов Японии [2].

Цель исследования – выяснить, насколько верны принятые в настоящее время представления о родовом и видовом составе семейства Lepetidae в дальневосточных морях. Для этого были изучены морфологические особенности раковины и радулы пяти видов (включая *Sagamilepeta sagamiensis*) с использованием сканирующего электронного (Zeiss Evo40) и световых (Axio Lab.A1, Nikon SMZ25) микроскопов. Материалами для исследований послужили коллекции, хранящиеся в музее ННЦМБ ДВО РАН и Зоомузее ДВФУ. Помимо морфологических признаков, были проанализированы данные молекулярной филогении на основе митохондриальных генов субъединицы I цитохромоксидазы *c* (COI), малой и большой субъединиц рибосомальной РНК (12S и 16S).

По результатам работы были выявлены три основных признака, позволяющие выделять виды в отдельные рода: скульптура раковины, форма «центрального» зуба радулы и особенности края маргинальных зубов. Скульптура раковины изученных видов следующая: *L. concentrica* имеет ярко выраженные концентрические ребра, *L. kuragiensis* – преобладающие

прерывистые радиальные ребра, в то время как остальные виды характеризуются гранулярной скульптурой раковины (гранулы образуются на местах пересечения радиальных и концентрических ребер). *Lepeta caeca* и *S. sagamiensis* имеют небольшие и сглаженные гранулы, а *L. lima* – более крупные и выступающие. Комплекс сросшихся латеральных зубов («центральный» зуб) изученных видов имеет следующую форму: треугольный с выступающей центральной частью у *L. caeca* и *S. sagamiensis*, прямоугольный с выступающей центральной частью у *L. concentrica* и *L. kuragiensis*, прямоугольный без выступающей части у *L. lima*. Маргинальные зубы у *L. concentrica* и *L. kuragiensis* характеризуются зубчатым краем, у *L. lima*, *L. caeca* и *S. sagamiensis* – гладким и ровным краем.

Филогенетический анализ выделил следующие группы видов: 1) *L. caeca* и *S. sagamiensis*; 2) *L. concentrica* и *L. kuragiensis*; 3) *Limalepeta lima* и *Limalepeta* sp. (неописанный вид). Последний вид отмечен у берегов Хоккайдо и Аляски, причем эти две популяции отличаются генетически и, вероятно, репродуктивно изолированы, что может означать наличие двух подвидов. Морфологические отличия неописанного вида от *L. lima* неясны. *Lepeta caeca* из Японского моря генетически несколько обособлены от *L. caeca* из северной Атлантики, Арктики и Берингова моря, но эти различия носят внутривидовой характер.

Полученные данные ясно указывают, что дальневосточные лепетиды могут быть разделены на три рода:

- 1) Род *Lepeta*, включающий виды *Lepeta caeca* и *Lepeta sagamiensis*. Род *Sagamilepeta* Okutani, 1987 должен быть упразднен, поскольку не имеет достаточных оснований для выделения (входящий в него вид исходно был описан как представитель рода *Lepeta*). Статус *Lepeta caeca pacifica* нуждается в дальнейшем изучении.
- 2) Род *Limalepeta*, включающий *Limalepeta lima* и неописанный криптический вид.
- 3) Род *Cryptobranchia* Middendorff, 1851, включающий виды *Cryptobranchia concentrica* и *C. kuragiensis*, ныне относящиеся к роду *Lepeta*. Род *Cryptobranchia* должен быть восстановлен, так как есть значимые морфологические признаки, позволяющие четко отделить его от рода *Lepeta*.

1. Москалев Л.И. К ревизии Lepetidae (Gastropoda, Prosobranchia) Мирового океана // Тр. ИОАН. 1977. Т. 108. С. 52–78.

2. Okutani T. *Sagamilepeta*, a new genus for «*Lepeta*» *sagamiensis* Kuroda & Habe, 1971 (Gastropoda: Lepetidae) // Venus. 1987. Vol. 46. № 2. P. 127–130.

СПОСОБЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОННЫХ ГИДРОБИОНТОВ ОТ РЫБ

Исаева О.М., Каплина А.М.

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, olisa24@bk.ru

Многие водные животные способны защищаться от хищников различными способами, в том числе и химическими, выделяя вокруг себя различные репеллентные или токсические вещества, отпугивающие рыб [1]. Эти вещества называют детеррентами, так как обычно они несут негативную вкусовую или запаховую окраску для рыб. Морские гидробионты способны пользоваться сразу несколькими способами защиты или остановиться на одном наиболее эффективном. Исследования в области химической защиты организмов относятся к разделу современной биологии, который называется «Химическая экология». В последние годы наиболее интенсивно развивается морская химическая экология – дисциплина, возникшая благодаря сотрудничеству химиков и биологов, первоначальной целью которой было выяснить функцию химических веществ, содержащихся в необычно больших количествах в различных морских беспозвоночных животных и водорослях. В настоящее время во многих странах мира большое внимание уделяется исследованиям химической регуляции внутривидовых и межвидовых взаимодействий между водными организмами, роли и значению этих связей в функционировании донных морских сообществ.

Интерес для исследований в области морской химической экологии представляют тропические прибрежные морские сообщества, характеризующиеся крайне высоким разнообразием и структурной сложностью. Многие из живущих здесь организмов используют именно химическую защиту для противодействия рыбам – основным хищникам, стоящим чаще всего на вершине трофических пирамид. Ранее мы уже проводили исследования по выяснению вкусовых детеррентов среди животных- кораллобионтов [2]. Считается, что именно детеррентность является основным фактором эволюционного развития химической защиты у водных организмов [3]. Детеррентные вещества вызывают релизерный (мгновенный) ответ у хищника, что приводит к формированию ассоциации со зрительным, запаховым или иным образом жертвы. Схватывание и удержание в ротовой полости такой жертвы обычно не является фатальным для нее и для хищника, и после отвергания добычи рыбы сохраняют свою жизнеспособность. Целью настоящей работы была оценка распространения детеррентности, как способа химической защиты у гидробионтов, входящих в состав арктических (Белое море) и тропических (Южно-Китайское море) морских прибрежных экосистем.

Определение вкусовой привлекательности выполнено для 59 и 25 видов свободноживущих животных и растений, обычных, соответственно, для

коралловых рифов залива Нячанг (Южно-Китайское море, Вьетнам) и побережья Кандалакшского залива (Белое море, Россия). Тестирование вкусовых качеств организмов проведено на двух видах рыб – *Abudefduf vaigiensis* (8–13 см) и атлантической треске *Gadus morhua* (21 см). Для этого рыбам, находящимся в изолированных аквариумах и предварительно обученным сразу же схватывать вносимый корм, предлагали цилиндрические агар-агаровые гранулы, стандартные по размерам и цвету, но различающиеся присутствием в них водного экстракта того или иного организма (концентрация 300 г·л⁻¹). В качестве контроля использовали гранулы, не содержащие каких-либо тестируемых агентов (плацебо). В каждом опыте регистрировали потребление или отказ рыб от гранулы и некоторые другие характеристики поведенческого ответа. Ежедневно после окончания опытов рыб кормили очищенной креветкой. Для сравнения вкусовых ответов разных видов рыб использовали индекс вкусовой привлекательности. Всего было выполнено свыше 5500 опытов. Статистический анализ выполнен с использованием критерия χ^2 .

Тропические гидробионты. Среди гидробионтов, подвергнутых тестированию, максимальной вкусовой привлекательностью для абудефдуфа обладал экстракт полихет *Nereis* sp. и *Perinereis nuntia* var. *brevicirris* и креветки *Litopenaeus vannamei* (потребление гранул составило соответственно 98.3, 98.1 и 96.5%). Охотно поедались также гранулы, содержащие экстракт двух видов раков-отшельников (*Allogalatea elegans* и *Synalpheus* sp.), брюхоногого моллюска *Nerita ocellata*, экстракт мантии двустворчатых моллюсков *Comptopallium radula* и *Perna viridis* (потребление гранул составило более 80%). Не высокое, но достоверное повышение потребления гранул вызывали экстракты лангуста *Palinurus* sp., бурой водоросли *Padina* sp., брюхоногого моллюска *Haliotis asinine*, губки, голотурии *Synapta* sp. Общее число организмов, чьи экстракты значимо повышали потребление гранул, оказалось небольшим – 14 из 59 (23.7%). Самой многочисленной оказалась группа организмов, экстракты которых достоверно снижали вкусовую привлекательность гранул. Их общее число составило 25 (42.4%). Среди них наиболее сильным отталкивающим вкусом обладали экстракты голотурий *Pseudocolochirus violaceus* и *Holothuria atra*, губок *Axinyssa* sp. и *Clathriarein wardi*, морской звезды *Fromia milleporella*, морской лилии *Comanthus parvicirrus*. Случаев потребления абудефдуфом гранул с экстрактами этих животных не зарегистрировано ни в одном из выполненных опытов.

Арктические гидробионты. Для тестирования использованы 25 видов животных, обитающих в прибрежной зоне Кандалакшского залива Белого моря. Большинство из этих объектов обладали привлекательным вкусом для атлантической трески. Водные экстракты рачка *Mysis oculata* и полихеты *Nephtys pente* вызывали максимальные по силе вкусовые ответы – 100% потребление гранул. Индифферентным вкусом для трески обладали экстракты 7 гидробионтов (28%) – морских губок *Isodictya palmata* и *Suberites ficus*, мшанки *Eucratia loricata*, асцидий *Halocynthia pyriformis* и *Styela rustica*, морской звезды

Asterias rubens и голожаберного моллюска *Coryphella verrucosa*. Потребление гранул с экстрактами этих животных достоверно не отличалось от потребления контрольных гранул.

Выполненное исследование показало, что арктические и тропические прибрежные экосистемы различаются по распространенности среди организмов, входящих в эти сообщества, накопленных природных детеррентов химической защищенности. Установлено, что некоторые из детеррентных животных содержат вещества, которые полностью блокируют питание рыб. По-видимому, такая стратегия выживания у этих видов в значительной мере основана на химической защите. У других организмов отталкивающий вкус выражен в меньшей степени, что указывает на использование ими одновременно нескольких разных защитных механизмов, снижающих их доступность для хищников – усиление жесткости внешних покровов тела, повышение подвижности, использование укрытий, переход к ночному образу жизни, приобретение способности к аутомии и др. Авторы намерены продолжить исследования в данной области и расширить географию поиска детеррентных животных среди Тихоокеанских морских гидробионтов.

Работа поддержана РФФИ (грант № 16-04-00322) и Российско-Вьетнамским тропическим научно-исследовательским и технологическим центром.

1. Glendinning J.I. How do predators cope with chemically defended foods? // Biol. Bull. 2007. Vol. 213. P. 252–266.

2. Kasumyan A., Isaeva O., Dgebuadze P. et al. Comatulids (Crinoidea, Comatulida) chemically defend against coral fish by themselves, without assistance from their symbionts. Sci. Rep. 2020. Vol. 10, 6150. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63140-2>

3. Schulte B.A., Bakus G.J. Predation deterrence in marine sponges: laboratory versus field studies // Bull. Mar. Sci. 1992. Vol. 50. No. 1. P. 205–211.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЛИПИДОВ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ К ОКИСЛЕНИЮ *IN VITRO*

Истомина А.А.

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, s-istomina1@mail.ru

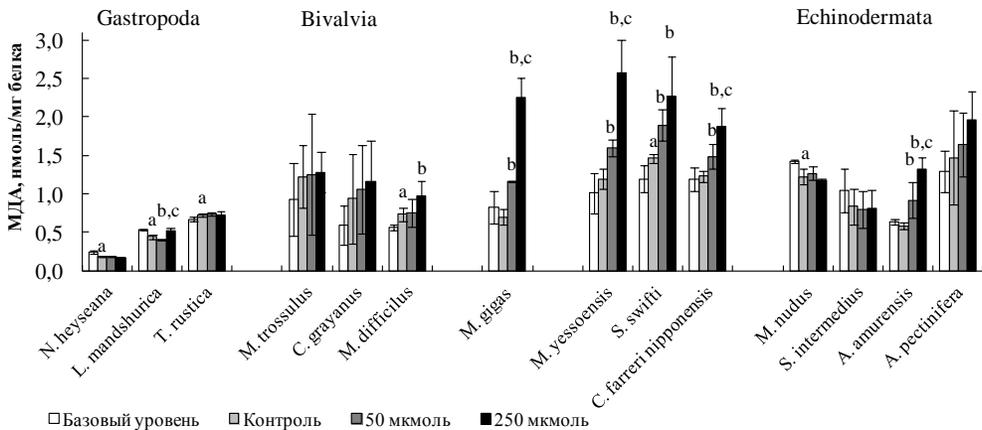
В данной работе проведено сравнительное исследование доступности липидов пищеварительных органов к окислению *in vitro* у ряда дальневосточных представителей морских беспозвоночных (13 видов, типы Mollusca и Echinodermata) (рисунок). Определяя количество образовавшегося продукта перекисаии липидов - малонового диальдегида (МДА), как маркера окислительного стресса, можно с определенным допущением оценивать интегральный потенциал сопротивляемости (резистентности) к окислению липидного матрикса у исследуемых организмов.

3–4 представителя каждого вида беспозвоночного собирали в б. Алексеева (залив Петра Великого, Японское море). Органы пищеварительной системы животных выделяли на льду, быстро замораживали в жидком азоте и хранили при температуре 0°C. Ткань от каждой особи гомогенизировали 1:10 (w/v) в охлажденном 0.05 М натрий фосфатном буфере, рН 7.4. Буфер предварительно продували аргоном 10 минут. Для создания условий протекания реакции Фентона в приготовленные гомогенаты добавляли прооксиданты в двух разных концентрациях: 50 мкМ FeSO₄ + 50 мкМ H₂O₂ (min) и 250 мкМ FeSO₄ + 250 мкМ H₂O₂ (max). Реакционную смесь выдерживали в течение часа при температуре 13°C, что соответствовало температуре морской воды в момент сбора животных. Контрольные образцы гомогенатов без добавления прооксидантов выдерживали при тех же условиях. Содержание МДА определяли по цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой [1].

Результаты показали снижение уровня МДА в пищеварительных органах брюхоногих моллюсков *Nucella heuseana* и *Littorina mandshurica*, а также морского ежа *M. nudus* и тенденцию к снижению у морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в контрольной группе даже без добавления прооксидантов (рисунок). Такая реакция связана с активацией защитных механизмов от окислительного повреждения. Добавление низких и высоких концентраций прооксидантов также не вызывало накопления МДА у этих видов. Такие результаты можно объяснить эффектом гормезиса («*Hormetic model*»), описанным в книге Костантини [2]. Низкая доза прооксидантной молекулы или фактора стресса вызывает стрессовую реакцию (возможно, полезную) в виде уменьшения накопления окислительных повреждений (фаза 1). Высокая доза прооксидантной молекулы или фактора стресса приводит к подавлению путей реакции на стресс и токсичность и к увеличению выработки и накопления окислительных повреждений (фаза 2). Прооксиданты, использованные в данном

исследовании (концентрация и время воздействия), не привели к достижению порогового уровня у этих видов животных, после которого должно было произойти увеличение окислительного повреждения. Напротив, у морских звёзд и двустворчатых моллюсков липиды подвергаются перекисному окислению при низких и высоких концентрациях прооксидантов (рис. 1).

Согласно результатам исследования, беспозвоночных можно разделить на две группы. В первую группу входят морские ежи и брюхоногие моллюски. Морские ежи (*S. intermedius* и *M. nudus*) и особенно брюхоногие моллюски (*Tegula rustica*, *N. heyseana* и *L. mandshurica*) заселили верхнюю часть литорали, проникнув даже в приливно-отливную зону, которая характеризуется резкими колебаниями широкого спектра факторов (особенно наличия O_2 , температуры, солености, УФ излучения и т.д.), которые оказывают значительное влияние на метаболические процессы и провоцируют частые изменения уровней АФК. Вероятно, одним из механизмов, обеспечивающих выживание этих организмов в стрессовых условиях, является высокий уровень антиоксидантов, защищающих липиды от окислительной деградации [3].



Содержание малонового диальдегида в гомогенатах пищеварительных органов разных видов беспозвоночных при воздействии реагентов Фентона (50 и 250 мкмоль) в течение одного часа и температуре 13°C. Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение (n=3–4). a – значимые различия между базовым уровнем и контролем; b – относительно контроля; c – минимальная доза (50 мкмоль) в сравнении с максимальной дозой (250 мкмоль); критерий Манна-Уитни, $p < 0.05$.

Представители второй группы (морские звезды и двустворчатые моллюски) предпочтительно обитают в более глубоких горизонтах воды, в относительно стабильных условиях и менее подвержены колебаниям окружающей среды. Вероятно, в этом случае этим организмам не нужно поддерживать высокий уровень низкомолекулярных антиоксидантов [3]. Особый интерес представляет наличие различных количеств доступных для

окисления липидов, которые практически не обнаруживаются в организмах первой группы (рисунок).

Таким образом, есть все основания полагать, что липиды пищеварительных органов брюхоногих моллюсков и морских ежей более устойчивы к окислительным повреждениям по сравнению с двустворчатыми моллюсками и морскими звездами. Это является важной частью механизмов адаптации к среде обитания.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124022100077-0

1. Buege J.A., Aust S.D. Microsomal lipid peroxidation // Meth. Enzymol. 1978. Vol. 52. P. 302–310.
2. Costantini D. The role of organismal oxidative stress in the ecology and life-history evolution of animals. 2024. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-65183-0>
3. Истомина А.А., Челомин В.П., Довженко Н.В., Куриленко В.В., Федоренко Ю.В., Бельчева Н.Н. Активность антиоксидантных ферментов и содержание глутатиона в пищеварительных органах морских беспозвоночных из залива Посьета Японского моря // Биол. моря. 2018. Т. 44. № 4. С. 290–296.

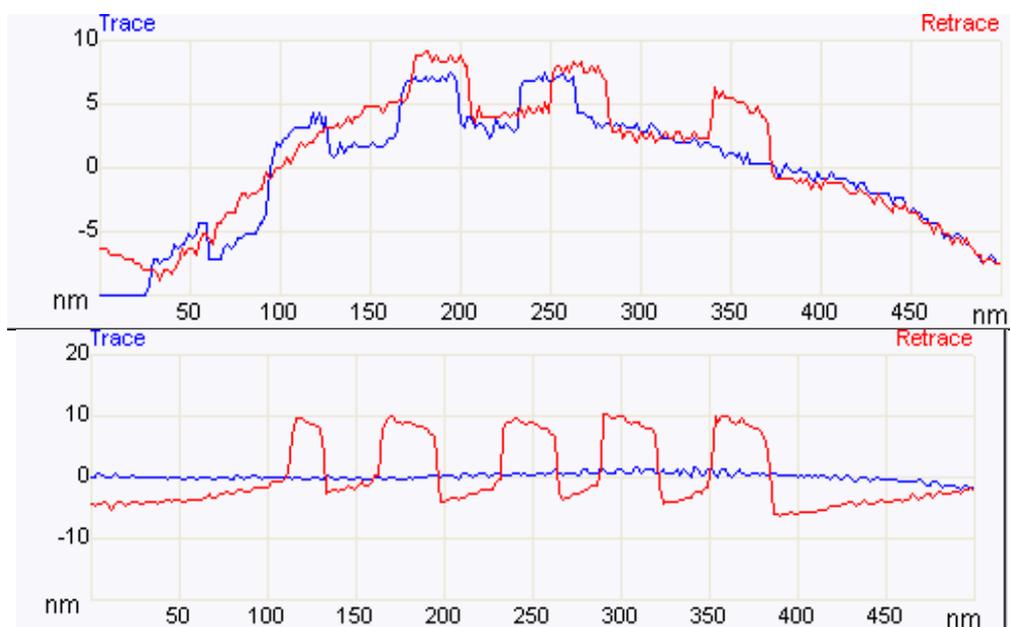
БИОПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО: МОЛЛЮСКИ

Карпенко А.А., Одинцов В.С.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, alex_karp@list.ru*

Электрическое поле существует вокруг любого электрически заряженного объекта, оказывая отталкивающую силу на одноименные заряды и притягивающую силу на противоположные заряды (Кулон, 1875). Хорошо известно, что электрические взаимодействия отвечают за большое количество клеточных функций, в частности, за клеточную сигнализацию. Даже в масштабе органов и организмов функционирование нервной системы у животных и растений зависит от электричества для генерации и передачи информации в форме распространяющихся потенциалов действия. Однако одна грань роли электрических полей в биологии осталась заметно недооцененной: экология электрических полей. Недавние исследования показали, что действительно множество электрических взаимодействий происходит в экологическом масштабе с точки зрения взаимодействия организма с физической абиотической средой, а также с другими организмами. Много известно о сильно и слабо-электрических рыбах, электрорецепции однопроходных (утконос, ехидна), хрящевых ганоидах (акулы, скаты). Электрические поля обнаружены у насекомых, других членистоногих (крабы, омары). Практически ничего не известно об электрических полях двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Попытаемся восполнить этот пробел. Для начала исследуем их раковину, как композитную биоминеральную кристаллическую структуру – возможный генератор электрических полей за счёт пьезоэффекта. Для измерений изготавливали образцы (примерно 15x15мм) раковин мидии съедобной, мидии Грея, пресноводной беззубки и брюхоногого моллюска – морского ушка. С помощью атомно-силового микроскопа регистрировали электромеханический отклик образцов и определяли пьезомодуль, размерностью пикометр на вольт (пм/В). Так, для кварца эта величина составляла 10–23.3пм/В. А для образца раковины морского ушка – 33–40пм/В. Пьезомодули раковин других исследованных моллюсков были близки к этим значениям (рис.).



Пьезоотклик на импульсы поляризирующего напряжения 300В длительностью 340 мсек. Верхний снимок – пластина кварца, нижний снимок – образец раковины морского ушка. По оси абсцисс – размер участка наблюдения (нм). По оси ординат – механическое смещение объекта в вертикальной плоскости (нм).

Для обнаружения электрического поля моллюсков была создана установка, позволяющая бесконтактно регистрировать электрические поля в воде в диапазоне 1мкВ–100 нВ. Были уверенно зарегистрированы два типа полей. Условно «быстрые» – это мышечная активность, движения жабр, сердечный ритм, и «медленно изменяющиеся», вероятно, связанные с общим обменом веществ. Есть все основания предполагать, что регистрация и правильное толкование полученных результатов позволит разработать новые скоростные методики оценки физиологического состояния моллюсков и не только их.

СТРУКТУРА МЕЙОБЕНТОСА И НЕМАТОФАУНЫ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ГРУНТОВ ВЕРХНИХ ЭТАЖЕЙ СУБЛИТОРАЛИ ПЕСЧАНЫХ БУХТ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Карпова А. А.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток, gradaciy@mail.ru*

Исследованы структуры мейобентоса и нематофауны пяти песчаных бухт российского побережья Японского моря: б. Бойсмана, б. Литовка (залив Восток), б. Рейд Паллады на Косе Назимова (залив Посьета), б. Безымянная в районе канала на о. Русский (пролив Босфор Восточный) и б. Триозерье по данным [1]. Материалом для работы послужили пробы грунта с преобладающей фракцией 0.25 -0.1 мм (мелкий песок) из песчаных пляжей открытых бухт, собранных в летний период на глубинах менее 1 м. Образцы собирали трубчатым пробоотборником с площадью вырезания грунта 3.8 см². Пробы грунта были обработаны по стандартной методике, проведен гранулометрический анализ грунта и определено содержание органического углерода. Определен качественный и количественный состав мейобентоса и нематофауны. Данные по б. Триозерье были взяты из ранее опубликованной работы [1]. Видовое разнообразие оценивали с помощью индекса Шеннона (H). Для оценки воздействия физического стресса в бухтах были рассчитаны показатели, отражающие состояние сообщества: W-статистика (характеристика ABC метода), ABC_{index} и 1-ITD (индекс трофического разнообразия).

В периоды отбора проб температура воды в бухтах составляла 21-26°C, отмечено невысокое содержание органического вещества (C_{орг}) и отсутствие илов в грунте (табл.). Во всех исследуемых бухтах количество таксонов варьировало от 9 до 13, всего было зарегистрировано 18 таксонов мейобентоса. Кроме Nematoda для всех бухт были характерны Copepoda, Turbellaria, Annelida и Nemertea, в 4-х из 5 бухт встречались Ostracoda и Rotifera. Самые редкие, которые встречались только в одной из исследуемых бухт- Gnatostomulida и Kinorhyncha, а также Insecta, Asteroidea и Cnidaria. Остальные таксоны регистрировались в 2-3 бухтах: Halacaridae, Foraminifera, Bivalvia, Gastrotricha, Gastropoda и Cephalorhyncha. Во всех пробах исследуемых акваторий преобладали морские свободноживущие нематоды (табл.), при этом в б. Бойсмана вносили значительный вклад в фауну Turbellaria, а в б. Безымянная довольно значимы были Annelida. Средняя плотность поселения мейобентоса составила 424 экз./10 см².

В пяти бухтах было обнаружено 49 видов нематод со средним значением 16 видов на бухту. Средняя плотность поселения нематофауны для мелкозернистых грунтов составила 299 экз./10 см². Наиболее характерными для данных грунтов оказались виды семейства Axonolaimidae и Xyalidae, представители последних являются наиболее встречаемыми видами, такие как

Daptonema normandicum, *Metadesmolaimus inni* и *Metadesmolaimus canicula*, обнаружены в четырех из пяти бухт. Биомасса сообществ нематод в этих районах невысока (до 40 мг/м³), минимальные значения отмечены для б. Бойсмана и б. Литовка, где биомасса не превышала 3 мг/м³. В пробах встречались очень крупные нематоды, например, значимый вклад в биомассу нематофауны в б. Триозерье вносили некоторые особи *Parascolaimus proprius* у которых была отмечена длина до 6500 мкм, минимальные размеры имели *Desmoscolex* sp. и *Rhynchonema pulchrum* с длинами до 500 мкм (б. Триозерье и б. Рейд Паллады). Средняя длина нематод для всех акваторий составляла 1340 мкм.

Данные по районам исследований

Район исследования Характеристики бухт и показатели биоты	б. Триозерье [1]	б. Бойсмана	б. Литовка	б. Рейд Паллады (Коса Назимова)	б. Безымянная (в районе канала на ос. Русский)
Период отбора проб (месяц, год)	08.2021	07.2021	08.2021	07.2022	08.2022
Температура воды, °С	24	26	25	21	24
S _{орг} , %	0.03	0.07	0.1	0.05	0.09
Число таксонов мейобентоса	13	10	10	11	9
Доля нематод в мейобентосе, %	71	41	88	81	50
Доминирующий вид нематод	<i>Daptonema normandicum</i>	<i>Bathylaimus anatolii</i>	<i>Lauratonema juncta</i>	<i>Pomponema</i> sp.	<i>Neochromadora poecilosoma</i>
W-статистика	0.06	0.04	-0.08	0.12	0.09
ABC _{index}	1.6	0.03	0	0.06	0.01
1-ITD	0.66	0.57	0.63	0.68	0.63
Индекс Шеннона (H)	2.4	1.9	2	2.8	2.1

Трофическая структура комплексов нематод в исследуемых биотопах преимущественно однотипна. Основной трофической группировкой для всех исследуемых районов были неселективные детритофаги, занимающие 47%, соскребыватели составляли 36%. Присутствие хищников разных видов в бухтах с температурами воды до 24°C насчитывало в среднем 18%, в районах исследований, где были отмечены температуры выше, доля хищников составляла 1% в б. Бойсмана, а в б. Литовка хищники и вовсе отсутствовали. При этом индекс трофического разнообразия (1-ITD) для всех исследуемых районов в среднем составил 0.64 – по этому показателю можно сказать, что бухты

характеризуются сбалансированными трофическими структурами. Эти биотопы являются зонами с полным проникновением солнечного света до дна, что свидетельствует о постоянном присутствии большей доли фитофагов, питающимися преимущественно диатомовыми водорослями.

Как показывали исследования, наиболее сбалансированными с относительно высокими значениями видового богатства оказались сообщества в б. Триозерье и б. Рейд Паллады. Однако б. Рейд Паллады демонстрировала неоднородность в распределении сообщества вдоль косы Назимова: сочетание высокой численности и разнообразия в районе середины косы с обедненными сообществами у ее основания. Районы исследований б. Безымянная, б. Бойсмана и б. Литовка, согласно анализу биологического разнообразия, показали упрощенные системы: невысокое таксономическое и видовое разнообразие в сочетании с показаниями ABC_{index} , стремящимися, либо равными нулю, и низкими (в том числе отрицательными) значениями W -статистики, свидетельствуют о присутствии значительного физического стресса. В условиях штиля температура является экстремальным фактором для этих биотопов, поскольку при минимальном водообмене дно максимально прогревается, что, по-видимому, было характерно для трех последних акваторий в периоды отбора проб.

На песчаном побережье создается среда высокого физического стресса для морской фауны, и в результате относительно небольшое количество организмов населяет эту специфическую переходную экосистему между наземной и морской средой [1]. Наши данные показывают, что в мелководных грунтах верхних этажей сублиторали формируется типичная псаммофильная фауна. При этом локальные условия, особенно экстремальный прогрев при минимальном водообмене (штиле), могут существенно усиливать стресс, приводя к дальнейшему упрощению структуры сообществ в отдельных бухтах.

Работа выполнена в рамках подготовки НКР (кандидатской диссертации).

1. Карпова А. А., Фадеева Н. П. Межгодовые изменения структуры мейобентоса песчаного мелководья бухты Триозерье (Японское море) // Морской биологический журнал. 2025. Т. 10. №. 2. С. 18-33.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ВИДА *SKELETONEMA MENZELII* ИЗ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Качур Д.И.¹, Пономарева А.А.^{1,2}

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, dina-cherry@mail.ru, anna_andreevna7@mail.ru

²Филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН «Приморский океанариум», г. Владивосток, anna_andreevna7@mail.ru

Виды диатомовых водорослей рода *Skeletonema* являются наиболее распространенными микроводорослями в умеренной зоне Мирового океана. Наравне с другими представителями порядка Thalassiosirales (Bacillariophyta) они составляют основную биомассу фитопланктона и могут вызывать «цветение» воды в теплое время года. В водах Японского моря на Дальнем Востоке нашей страны было отмечено 5 представителей рода, при этом вид *Skeletonema menzelii* был обнаружен относительно недавно, и данные о его строении, особенностях и генетической изменчивости довольно отрывочны. Из-за сложности идентификации *S. menzelii* для более полного и точного анализа следует применять комплексный подход с использованием морфологических и молекулярно-генетических методов. В данной работе показаны отличительные особенности внутривидовой генетической изменчивости *S. menzelii* из вод Японского моря по сравнению с другими представителями вида, описанными в зарубежной литературе.

Настоящее исследование является продолжением работы по молекулярно-генетической идентификации вида *S. menzelii*. В работу были добавлены три новых клона, отобранных в 2021 году на побережье Японского моря России. Генотипирование образцов проходило по участкам 18S рДНК и 28S рДНК. Для составления матрицы нуклеотидных последовательностей и построения филогенетических деревьев были привлечены данные других *S. menzelii* из генного банка.

Последовательности, полученные в нашем исследовании, имели высокие значения дивергенции и формировали на филогенетических деревьях отдельные кластеры от представителей *S. menzelii* из генного банка, а также имели отличия по генетическим расстояниям (>0.008). Полученные данные морфологического (предоставлено соавтором) и филогенетического анализов подтвердили отличие наших образцов от других представителей вида, описанных в литературе.

ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ГОНОЗОоиДА В КОЛОНИИ МШАНКИ *CRISIELLA PRODUCTA* (BRYOZOA: CYCLOSTOMATA)

Квач А.Ю.¹, Кутюмов В.А.², Котенко О.Н.¹, Старунов В.В.^{1,3},
Островский А.Н.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, г. Санкт-Петербург

²Зоологический институт РАН, ЦКП «Таксон», г. Санкт-Петербург

³Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, г. Санкт-Петербург, ay.kvach@yandex.ru

Мшанки (тип Bryozoa) – это группа водных (преимущественно морских) колониальных беспозвоночных-фильтраторов, колонии которых растут в течение всей или большей части жизни за счет почкования зооидов (морфофункциональных модулей). Модульная организация мшанок определила многие особенности их биологии и эволюции, в частности – возникновение специализации части зооидов колонии на узком круге задач, называемой зооидальным полиморфизмом. Это делает мшанок удачной моделью для изучения феномена экзаптации – приобретения новой (и/или дополнительной) функции структурой, исходно возникшей вне связи с этой функцией. Одним из примеров зооидального полиморфизма является возникновение на основе модификации питающихся модулей (аутозооидов) сложноустроенных инкубационных камер (гонозооидов) у представителей отряда Cyclostomata. Ультроструктурные исследования показали, что в ходе трансформации зооида в инкубационную камеру формируется многоядерная ценоцитарная плацента, обеспечивающая активный рост эмбрионов [1]. На настоящий момент ничего неизвестно о молекулярной регуляции формирования плацентарного аналога и развития гонозооида. Целью настоящего исследования стало изучение дифференциальной экспрессии генов в процессе формирования гонозооида циклостомной мшанки *Crisiella producta* (Smitt, 1865).

Колонии *C. producta* были собраны в июне 2022 г. в районе Учебно-научной базы СПбГУ «Беломорская» (Республика Карелия). Мы выделили несколько категорий частей колонии, фиксация которых производилась отдельно: (1) аутозооиды, (2) формирующиеся гонозооиды с начальной стадией развития плаценты, (3) молодые сформированные гонозооиды с развивающейся плацентой и эмбрионами и (4) зрелые гонозооиды с развитой плацентой и личинками. Категоризация производилась визуально по форме зооидов, наличию оэциостома у гонозооидов, а также по цвету и составу содержимого гонозооидов. Для полученного материала были проведены две серии выделения РНК и подготовка библиотек кДНК, которые были секвенированы на платформе Illumina NovaSeq6000. Из обработанных данных секвенирования был собран и проаннотирован транскриптом *C. producta*, послуживший референсом для

картирования прочтений и дальнейшего анализа дифференциальной экспрессии генов между образцами. Ко-экспрессирующиеся гены были выявлены и далее охарактеризованы с помощью анализа обогащения GO-групп.

В результате кластерного анализа транскриптомных данных *C. producta* было выявлено 4 больших кластера ко-экспрессирующихся генов. Гены, повышающие свою экспрессию на первых двух стадиях развития гонозоидов (категории 2 и 3), обогащают процессы, связанные с формированием и перестройкой внеклеточного матрикса, кавеолин-зависимым эндоцитозом, внутриклеточным транспортом, а также с ранними этапами эмбриогенеза. Среди них особо выделяется масштабом изменений экспрессии консервативные белки, связанные с регуляцией внеклеточного матрикса, такие как Hemicentin-1, Fibronectin и MMP. Известно, что Hemicentin-1 играет важную роль в стабилизации эмбрионального синцития у *Caenorhabditis elegans* [2], и, весьма вероятно, может выполнять схожую функцию для ценоцитарной плаценты *C. producta*. Экспрессия элементов, связанных с эндоцитозом, согласуется с полученными ранее ультраструктурными данными [1], указывающими на поглощение питательных веществ формирующимися эмбрионами. Ранние этапы развития гонозоида сопряжены с повышенной экспрессией многих GPCRs и ядерных рецепторов, что может свидетельствовать о гормональной регуляции. Так, на первой стадии развития гонозоида резко повышает свою экспрессию эволюционно консервативный ядерный рецептор Ftz-F1, участвующий в регуляции развития фолликула у столь филогенетически удаленных таксонов, как насекомые и моллюски [3]. Известно, что фолликулярные клетки участвуют в формировании ценоцитарной плаценты у *C. producta* [1], что делает Ftz-F1 перспективным геном-кандидатом для дальнейшего изучения. Полученные нами данные являются первой попыткой анализа изменений в экспрессии генов, сопровождающих формирование и функционирование плацентарного аналога у живородящих Bryozoa.

Исследование поддержано грантом РФФ № 23-14-00351.

1. Nekliudova U.A., Schwaha T.F., Kotenko O.N. et al. Three in one: evolution of viviparity, coenocytic placenta and polyembryony in cyclostome bryozoans // BMC Ecol. Evo. 2021. Vol. 21. № 54. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01775-z>
2. Vogel B., Muriel J., Dong C. et al. Hemicentins: What have we learned from worms? // Cell Res. 2006. Vol. 16. P. 872–878. <https://doi.org/10.1038/sj.cr.7310100>
3. Zeng Z., Ni J., Huang Z., Tan Q. Expression and functional analysis of Fushi Tarazu transcription factor 1 (FTZ-F1) in the regulation of steroid hormones during the gonad development of Fujian Oyster, *Crassostrea angulata*. Comp. Biochem. Physiol. Part A: Mol. Integr. Physiol. 2024. Vol. 295, 111668. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111668>

ВИДОВОЙ СОСТАВ ОБРАСТАНИЯ МОРСКОГО МУСОРА В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ МОРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СБОРОВ В 2024 ГОДУ

Кепель А.А.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО
РАН, г. Владивосток,
aa_kepel@mail.ru*

Проблема распространения чужеродных видов входит в число важнейших экологических проблем с конца XX века.

С целью контроля проникновения чужеродных видов в воды Дальневосточного морского заповедника в июле 2024 г. было проведено обследование обрастания морского мусора в районе мыса Островок фальшивый (Южный район заповедника). Всего было собрано 11 проб обрастания.

В собранном материале обнаружены представители 6 типов, определены 21 вид (табл.). Наибольшим числом видов представлены двустворчатые моллюски (12 видов) и усоногие раки (6 видов). 1 вид (*Irus ishibashianus*) является новым для зал. Петра Великого и 2 (*Anomia chinensis* и *Pinctada* sp.) – для российских вод Японского моря.

Биогеографический анализ показал значительное преобладание приазиатских (57.1%) и тепловодных (тропическо-субтропическо-низкобореальных) (71.4%) видов. Заметную долю составляют и виды с почти всесветным распространением – 14.3%. Обращает на себя внимание присутствие *M. galloprovincialis* и *P. perforatus*, вселившихся в Японское море из северо-восточной Атлантики.

На основе анализа видового и размерного состава обрастателей морского мусора и с учётом особенностей циркуляции вод Японского моря можно заключить, что бо́льшая часть чужеродных видов проникает в зал. Петра Великого из южной половины Японского моря.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124021900011-9

Состав обрастания морского мусора

Виды	Пробы										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ascidiacea							+				
<i>Anomia chinensis</i> R. A. Philippi, 1849						+					
<i>Crenomytilus grayanus</i> (Dunker, 1853)						+					
<i>Entodesma navicula</i> (A. Adams & Reeve, 1850)						+					
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)						+					
<i>Irus ishibashianus</i> Kuroda & Habe, 1952						+					
<i>Magallana gigas</i> (Thunberg, 1793)						+					
<i>Modiolus nipponicus</i> (Oyama, 1950)						+					
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	+		+		+	+			+		
<i>Pinctada</i> sp.		+									
<i>Pododesmus macrochisma</i> (Deshayes, 1839)						+					
<i>Ruditapes philippinarum</i> (A. Adams & Reeve, 1850)						+					
<i>Tetrarca boucardi</i> (Jousseume, 1894)						+					
Bryozoa					+						
Balanidae	+						+				
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854						+					
<i>Lepas (Lepas) anatifera</i> Linnaeus, 1758				+			+				
<i>Lepas (Lepas) pectinata</i> Spengler, 1793										+	
<i>Megabalanus rosa</i> Pilsbry, 1916						+					
<i>Perforatus perforatus</i> (Bruguière, 1789)					+	+					
<i>Strongylocentrotus intermedius</i> (A. Agassiz, 1864)		+									
Hydrozoa			+					+			
<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)											+
<i>Idotea metallica</i> Bosc, 1801		+									
<i>Sebastes schlegelii</i> Hilgendorf, 1880							+				
Polychaeta	+		+								

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О DULICHIIDAE (AMPHIRODA: SENTICAUDATA) ИЗ СООБЩЕСТВ ПОДВОДНОГО ВУЛКАНА ПИЙПА

Киреев П.А., Головань О.А.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,*

г. Владивосток, kireyvpavel@gmail.com

Dulichiiidae – это семейство амфипод, относящееся к надсемейству Caprelloidea. До 2003 г. его рассматривали в составе подотряда Gammaridea. Однако затем Майерс и Лоури выдвинули гипотезу об их родстве с морскими козочками (бывший подотряд Caprellidea). Объединение «классических» гаммаридных семейств с капреллидами вызвало критику у части систематиков (например, у ведущего специалиста по капреллидам С.В. Василенко). Решению вопросов, связанных с систематикой Caprelloidea, препятствует большое количество редукций и параллелизмов, характерных для этих таксонов, которые сложно интерпретировать, пользуясь морфологическими методами, тогда как данные о молекулярных маркерах имеются лишь для небольшого числа видов.

Подобно капреллидам, дулихииды ведут лазающий образ жизни, но их отличительной чертой является строительство «мачт» из смеси остатков пищи, экскрементов и слюны, скрепленных «шелком» – секретом желез, расположенных в тканях 3 и 4 пар грудных конечностей. Дулихииды могут образовывать плотные поселения (до 2000–3000 экз/м²), заметно изменяя ландшафт. Известно, что мачтами дулихийид пользуются и другие ракообразные, ведущие лазающий образ жизни, например арктуридные изоподы и капреллиды. Таким образом, строительство мачт имеет средообразующую функцию.

Семейство включает в себя 7 родов и 30 видов. Дулихииды распространены преимущественно в северном полушарии (28 из 30 видов). В Северной части Тихого океана отмечено 11 видов. Они обитают в широком диапазоне глубин, от литорали до 3651 м, наиболее часто встречаясь на глубинах около 1000 м. Несмотря на столь небольшое количество видов, систематика этого семейства очень запутана и за последнее столетие претерпела множество изменений. Сложности обусловлены тем, что большая часть описаний видов чрезвычайно краткие или неполные. Границы между родами *Dulichia* и *Dulichlopsis* не могут быть установлены в их нынешнем составе, при том, что они объединяют половину видов семейства. В связи с чем, эти роды требуют ревизии. По этой причине, любые новые данные о представителях Dulichiidae крайне ценны для понимания систематики этого семейства и Caprelloidea в целом.

В 2016 г. в ходе экспедиции ННЦМБ ДВО РАН на борту НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (75 рейс) сообщества подводного вулкана Пийпа изучали при помощи ТНПА *Comanche-18*. Было собрано 3 экземпляра дулихийид, один из которых оказался представителем нового для науки вида *Dulichlopsis ogo* Kireev and Golovan, in press. Вид был обнаружен на северной вершине вулкана, на

глубине 407 м. Два других экземпляра, собранных в верхней части северного склона, на глубине 749–986 м, были сильно повреждены и не поддаются идентификации. Нами были изучены фото и видеоматериалы, полученные в ходе погружений ТНПА *Comanche-18* в 2016 и 2018 годах. Дулихииды и их постройки были в большом количестве обнаружены на вершинах вулкана. Рачки наблюдались на мачтах как поодиночке, так и группами до 13 экземпляров разного размера. Плотность поселения была достаточно высокой, до 119 мачт на площади $\approx 1 \text{ м}^2$.

Интересной особенностью нового вида оказалось неполное слияние переонитов 6 и 7, тогда как у остальных представителей рода *Dulichlopsis* они полностью слиты. Среди дулихиид наличие шва между переонитами 6 и 7 отмечалось ранее только у монотипического рода *Paradyopodos*.

В процессе описания *D. ogo* была выявлена морфологическая неоднородность рода *Dulichlopsis*. Внутри этого рода, виды разделились на две группы, имеющие достаточно сильные отличия. В частности, у 7 видов голова имеет более или менее квадратную форму в латеральной проекции, первый уросомит короче плеосомы и внутренняя лопасть максиллипед несет 2 апикальных зубца, тогда как у 2 видов голова имеет более или менее треугольную форму в латеральной проекции, первый уросомит длиннее плеосомы и внутренняя лопасть максиллипед несет 3–4 апикальных зубца. Возможно, в будущем потребуются разделение рода. Однако для этого необходима ревизия рода *Dulichlopsis* с применением, в том числе, молекулярных методов. На данном этапе попытка извлечь ДНК из имеющегося материала, к сожалению, не была успешной. Мы надеемся, что дополнительные сборы в будущем позволят провести это исследование.

ГАПЛОТИПИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДВУХ СТАД СИГА *COREGONUS LAVARETUS* (TELEOSTEI: SALMONIFORMES) ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ИЗ КУРШСКОГО И ФИНСКОГО ЗАЛИВОВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Киселева М.Н., Митрюшкина Д.К., Аналикова О.В.

Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга»), г. Санкт-Петербург, marina.marinakisel@yandex.ru

Сиговые рыбы (Coregonidae) являются одним из ценных возобновляемых ресурсов России. На основе морфологических признаков у сиговых рыб выделяют множество видов, подвидов, межвидовых гибридов, морф и пр. [1]. Данные генетического разнообразия культивируемых стад – важный фактор поддержания генетической структуры дикой популяции, поскольку её стабильность обеспечивается близостью (идентичностью) генетических характеристик выпускаемой молоди и диких особей, обитающих в водоеме выпуска. Исследование разнообразия гаплотипов в двух ремонтно-маточных стадах (РМС) сига европейского в рыбоводных хозяйствах СЗ региона России проведено для использования полученных данных при планировании мероприятий, связанных с воспроизводством сига в условиях значительного падения его численности в Балтийском море.

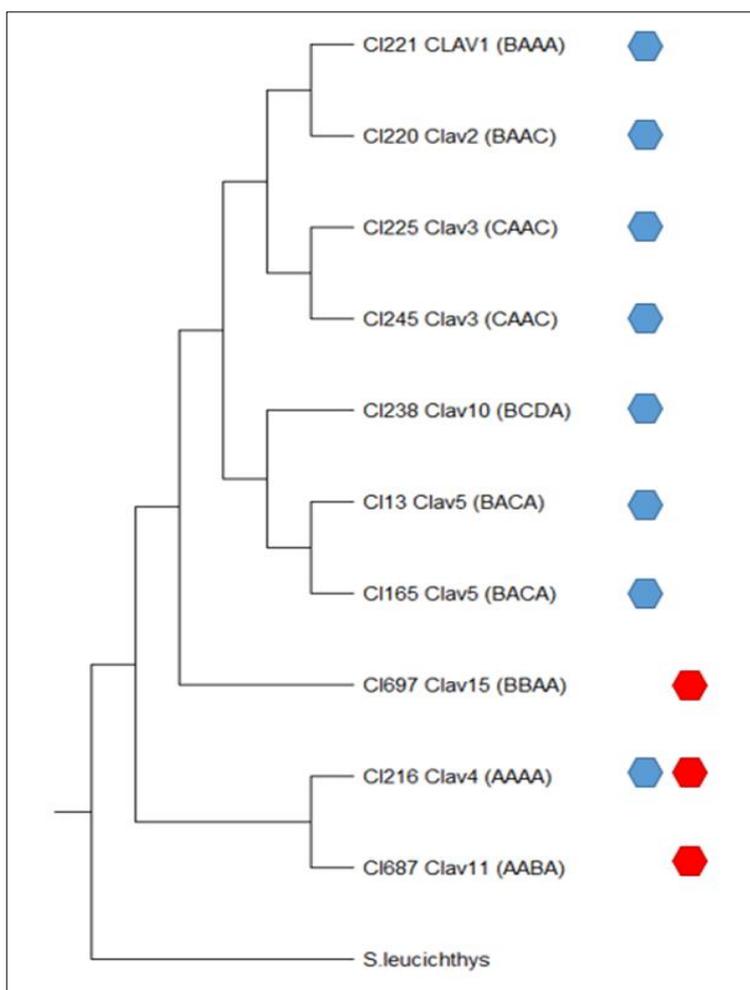
Представлены данные гаплотипирования ремонтно-маточного стада сига, сформированного от производителей из Финского залива (49 экз.), и РМС сига от производителей из Куршского залива Калининградской области (53 экз.) методом ПЦР-ПДРФ участка ND1/ND2 мтДНК с последующим определением его нуклеотидной последовательности в образцах с разными гаплотипами. Реакции эндонуклеазного гидролиза амплифицированного фрагмента проб сига проведены четырьмя ферментами, выявляющими, как было показано ранее [2], внутривидовой полиморфизм: *AluI*, *ApaI*, *Bme18I*, *Kzo9I*. На основе вариативности в 11 сайтах рестрикции четырех отобранных рестриктаз в двух исследованных выборках было выявлено 9 гаплотипов.

Секвенирование ND1/ND2 мтДНК сигов с разными гаплотипами (на основе ПЦР-ПДРФ) выявило 30 вариабельных сайтов. Среди всех гаплотипов в исследованных выборках уровень дивергенции не превышал 0.7% (табл.).

Величина дивергенции нуклеотидных последовательностей между гаплотипами

	Cl 221 Clav1	Cl 220 Clav2	Cl 225 Clav3	Cl 245 Clav3	Cl 216 Clav4	Cl 13 Clav5	Cl 165 Clav5	Cl 238 Clav10	Cl 687 Clav11	Cl 697 Clav15
Cl 220 Clav2	0,00044									
Cl 225 Clav3	0,00263	0,00219								
Cl 245 Clav3	0,00350	0,00306	0,00087							
Cl 216 Clav4	0,00614	0,00659	0,00661	0,00748						
Cl 13 Clav5	0,00306	0,00350	0,00307	0,00307	0,00703					
Cl 165 Clav5	0,00262	0,00306	0,00263	0,00350	0,00659	0,00044				
Cl 238 Clav10	0,00262	0,00306	0,00263	0,00350	0,00658	0,00306	0,00262			
Cl 687 Clav11	0,00614	0,00658	0,00660	0,00747	0,00175	0,00614	0,00570	0,00658		
Cl 697 Clav15	0,00306	0,00350	0,00307	0,00394	0,00703	0,00350	0,00306	0,00306	0,00702	
<i>S.leucic hthys</i>	0,05480	0,05528	0,05499	0,05582	0,05488	0,05486	0,05434	0,05431	0,05389	0,05481

При незначительных величинах нуклеотидной дивергенции между гаплотипами, на дендрограмме наблюдается обособление группы гаплотипов сига, выявленных в Финском заливе (рисунок), что может отражать такие особенности этой субпопуляции, как **отсутствие дальних миграций и обитание** относительно недалеко от мест вылупления в территориальных водах залива. Генетические различия между популяциями сига Финского и Куршского заливов обусловлены сочетанием географической изоляции, экологических различий, исторических факторов и антропогенного воздействия. Эти факторы способствуют формированию уникальных генетических профилей у каждой популяции. Поэтому необходимо сохранение местных популяций в том состоянии, в котором они существуют на данный момент.



Филогенетическое древо (UPGMA – дендрограмма) гаплотипов сига в двух исследованных аквакультурных стадах.

Примечание: гаплотип выявлен в Южной части Финского залива -  ; гаплотип выявлен в Куршском заливе - 

1. Новоселов А., Лукин А. Современное состояние сиговых рыб Европейского Север-Востока России и разработка путей их рационального использования // Рыбное хозяйство. 2013. № 4. С. 16-21.

2. Politov D. V., Gordon N. Yu., Afanasiev K.I., Altukhov Yu.P., Bickham J.W. Identification of palearctic coregonid fish species using mtDNA and allozyme genetic markers. // Journal of Fish Biology. 2000. Vol. 57 (A). P.51–71.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОРЮШЕК, ОБИТАЮЩИХ В БАССЕЙНЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Ковпак Н.Е., Олейник А.Г., Кухлевский А.Д., Каменская Д.Н.

Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, nkovprak@yandex.ru

Для высокоширотной биоты Северного полушария плейстоценовые оледенения играли доминирующую роль в расселении и формировании моделей генетического разнообразия современных видов [1]. Корюшки семейства *Osmeridae* являются одним из новых модельных объектов, используемых для изучения влияния последствий четвертичных климатических циклов на историю расселения, разнообразия на ареале, механизмов видообразования. Оценка влияния глобальных климатических и геологических трансформаций на формирование популяционно-генетической структуры Азиатской корюшки *Osmerus dentex* Steindachner et Kner, 1870 на большей части ее ареала (Белое, Баренцево, Карское, Чукотское, Берингово, Охотское и Японское моря) позволила предложить наиболее вероятную филогеографическую модель [2]. Установлено, что современная генетическая структура вида отражает историческую изоляцию популяций в предковом рефугиуме (Японское море и южная часть Охотского моря), с последующим расселением вдоль восточного и арктического побережий Евразии в периоды трансгрессий Мирового океана. Обоснована филогеографическая модель с одним основным рефугиумом в Восточной Пацифике, а также криптическим рефугиумом, сохранявшимся во время плейстоценового периода в Белом море. Нерешенными на сегодняшний день остаются более частные вопросы, связанные с недостаточной изученностью протяженной арктической части ареала вдоль побережья Евразии от Белого до Берингова моря. Это делает каждую новую историческую реконструкцию важной для уточнения предложенной гипотезы и понимания послеледникового расселения северных морских и эстуарных видов рыб по ареалу. Кроме того, реконструкция истории региональной фауны является актуальной темой в рамках продолжающегося изменения климата, которое, как ожидается, будет наиболее сильным в арктических регионах [3].

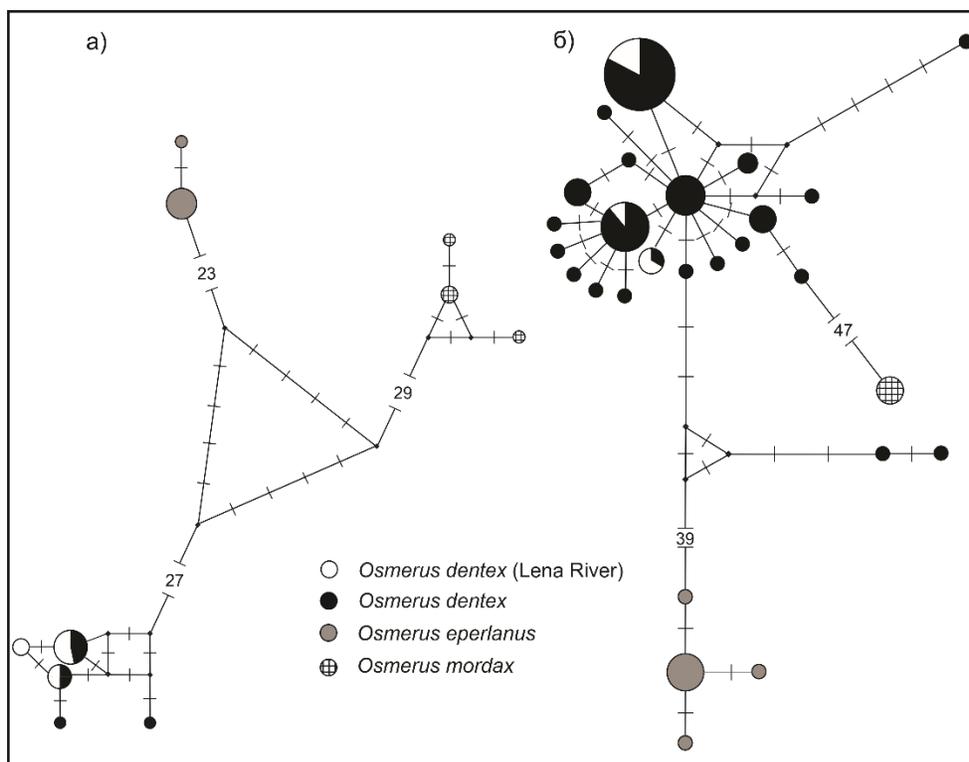
Мы изучили генетическое разнообразие ранее не исследованной популяции корюшек из дельты реки Лена (бассейн моря Лаптевых). Сравнительный анализ проведен на основе большого числа секвенированных последовательностей двух индивидуальных митохондриальных генов, кодирующих цитохром *c* оксидазу-I (*COI*) и цитохром *b* (*Cytb*). Кроме новых последовательностей дополнительно использованы общедоступные данные из Генбанка, включая последовательности *O. dentex* из разных локальностей, принадлежащих бассейнам Тихого и Северного Ледовитого океанов. Для более точной идентификации и установления межвидовой дивергенции внутри рода *Osmerus* в анализ были включены последовательности *O. mordax* и *O. eperlanus*.

В качестве внешней группы рассматривалась мойва *Mallotus villosus*. Длина анализируемых последовательностей после выравнивания составила 665 и 606 пар нуклеотидов для фрагментов генов *Cytb* и *COI*, соответственно.

Согласно филогенетическим реконструкциям на основе выбранных митохондриальных маркеров, выделяются четыре монофилетические группы, таксономически соответствующие видам *O. dentex*, *O. mordax*, *O. eperlanus* и *M. villosus*. Монофилетическая группа рода *Osmerus* строго поддерживается при всех вариантах филогенетического анализа (99% BPs). Тестируемая выборка корюшек из бассейна реки Лена относится к *O. dentex* (99–97% BPs) и не меняет положение на всех генных деревьях. Молекулярная идентификация согласуется с данными сравнительного морфологического и биологического анализов. В пределах группы *O. dentex*, включая образцы из моря Лаптевых, дивергенция последовательностей по выбранной системе маркеров относительно низкая ($D_{xy} = 0.00254 \pm 0.00053$, в среднем). Уровень внутривидовой изменчивости *O. dentex* не перекрывается с межвидовым для трех видов внутри рода *Osmerus*, что подтверждает филогенетическую идентификацию.

На основании генеалогического анализа (рис.) подтверждена принадлежность исследованной тестируемой выборки к *O. dentex* и ее филогенетическая близость с *O. dentex* из тихоокеанской части ареала. Генеалогические разрывы между гаплотипами *O. dentex*, *O. Mordax* и *O. eperlanus* значительно превышают расстояния внутри таксономических групп.

Несколько статистических показателей (структура MJ сетей, географическое изменение частот основных гаплотипов) подтверждают выдвинутую ранее филогеографическую гипотезу о расселении *O. dentex* из основного рефугиума в Восточной Пацифике по оси восток–запад. После исчезновения сплошного ледяного покрова северо-западной части Охотского моря и дегляциации восточной части Баренцево-Карского ледникового щита, граничащего с северной оконечностью полуострова Таймыр, у *O. dentex* появилась новая возможность широкого распространения вдоль побережья Евразии. Особенность популяции *O. dentex* из бассейна реки Лена проявляется в сохранении высоких частот двух филогрупп гаплотипов, одна из которых доминирует в бассейне Японского моря, а вторая в морях бассейна Северного Ледовитого океана [2].



Генеалогические сети (MJ – анализ) гаплотипов гена *Cytb* (а) и *COI* (б) мтДНК корюшек рода *Osmerus*, построенные с привлечением данных из Генбанка. На ветвях указано количество мутаций. Размер окружностей пропорционален абсолютным частотам гаплотипов.

Работа выполнена в рамках темы НИР 1021062912510-2.

1. Hewitt G.M. The structure of biodiversity - insights from molecular phylogeography // *Front. Zool.* 2004. V. 1. P. 1-16.
2. Skurikhina L.A., Oleinik A.G., Kukhlevsky A.D., Kovpak N.E., Frolov S.V., Sendek D.S. Phylogeography and demographic history of the Pacific smelt *Osmerus dentex* inferred from mitochondrial DNA variation // *Polar Biol.* 2018. V. 41. P. 877–896.
3. Leduc M., Matthews H.D., de Elia R. Regional estimates of the transient climate response to cumulative CO₂ emissions // *Nature Climate Change.* 2016. Vol. 6. P. 474–478.

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *CRASSOSTREA GIGAS* (THUNBERG, 1793) В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ: ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Колпаков Е.В., Власенко Р.В., Соколенко Д.А., Корнейчук И.А., Деминов А.Н.
*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО), г. Владивосток,
kolpakovternei@mail.ru*

В 1931 г. А.В. Иванов сделал интересную находку. В ходе изучения макробентоса Приморья и Татарского пролива на разрезе напротив г. Александровск-Сахалинский в поднятом с глубины 72–84 м оттертрале он обнаружил живой экземпляр не характерного для таких глубин субтропическо-низкобореального двустворчатого моллюска тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793): «*Интересно нахождение здесь 1 экз. живой устрицы*» [1, С. 99]. В прежние годы она здесь отмечалась только в прибрежной зоне: у материкового побережья – в районе б. Гроссевичи (около 48 с.ш.), в зал. Чихачева и б. Табо; со стороны Сахалина – у сёл Дуэ и Виахту, в районе устья р. Большая Александровка – м. Жонкиера (береговые выбросы) и у скал Три Брата (сборы Ж.Ф. Лаперуза, Л.И. Шренка, Ф.Б. Шмидта, П.П. Глена и М.Н. Павленко).

Несмотря на необычность нахождения этого мелководного и тепловодного вида на большой глубине, озвученная А.В. Ивановым информация не привлекла внимание последующих исследователей. Не придала значение данному факту и П.А. Дуленина, хотя и привела относительно *C. gigas* следующие сведения по её батиметрическому распределению в Татарском проливе: «*У материкового побережья отмечен на глубинах от 1 м до 12 м. Максимальная глубина обитания вида в Татарском проливе – 50 м*» [2, С. 38]. Тем самым она как бы подтвердила присутствие глубоководных поселений устрицы в рассматриваемом районе, но, к сожалению, не конкретизировала места их находений. В то же время окончательно в существовании такой формы эпифаунного макробентоса в Татарском проливе нас убедили собственные сборы *C. gigas* из траловых уловов в 2015, 2018 и 2020 гг.

По результатам наших исследований, а также анализа архивных материалов ТИНРО и литературных источников одиночные живые устрицы и небольшие друзы из двух–трех сросшихся моллюсков с прикрепленными к их поверхности пустыми раковинами или одиночными створками встречаются в северо-восточной части Татарского пролива вдоль сахалинского побережья от зал. Виахту на севере до м. Ламанон на юге в диапазоне глубин от 12 до 317 м (всего 7 находок). В основном это некрупные особи с высотой раковины до 131 мм. Иногда на их створках встречается молодь. Примерно к этому же участку приурочены и находки субрецентных раковин обсуждаемого вида: их лишь не

было в пределах от зал. Виахту до м. Хой, но при этом однажды найдены заметно южнее м. Ламанон на глубине 604 м (всего 14 находок). В одном тралении их количество может варьировать от 1 до 27 экземпляров. В большинстве случаев раковины имеют вытянутую форму, но их состояние и целостность различны. Сдвоенные створки характеризуются хорошей сохранностью, а непарные – зачастую субфоссильного вида. Вне всяких сомнений, имеющиеся в нашем распоряжении данные о встречаемости живых особей и пустых раковин *S. gigas* на глубоководных участках Татарского пролива отражают лишь малую часть той картины, которая там существует в действительности. Важно и то, что глубоководные поселения устрицы, а вернее псевдопоселения, в условиях неблагоприятного для нее термического режима придонных вод вряд ли способны к воспроизводству. В водах Приморья она нерестится при температуре воды выше 17°C.

Формирование эфемерных образований *S. gigas* на больших глубинах наиболее вероятно связано с её ледовым разносом из районов массовых верхнециркумлитеральных поселений, локализованных в северо-западной и северной частях Татарского пролива. Благодаря отепляющему действию опресненных вод Амурского лимана и наличию подходящих твердых грунтов у материкового побережья севернее зал. Чихачева, на глубинах до 12 м (по нашим данным до 11 м) складываются благоприятные условия для высокого количественного развития устрицы [2]. В ряде мест она практически целиком покрывает дно, а плотность поселения достигает 50 экз/м², биомасса – 20 кг/м² (данные А.А. Дуленина). В пользу высказанного нами предположения о происхождении глубоководных поселений *S. gigas* свидетельствует также нахождение в северной части Татарского пролива на глубинах 150–200 м пустых раковин другого мелководного и тепловодного вида двустворчатого моллюска амурской потамокорбулы *Potamocorbula amurensis* (данные О.А. Скарлато). В Татарском проливе она достоверно обитает только в прол. Невельского.

В северной части Татарского пролива прочный береговой припай обычно образуется в первой декаде декабря и одновременно с этим, судя по всему, происходит примерзание к его нижней поверхности раковин устриц. Под влиянием господствующих зимой ветров северных направлений ледовый покров взламывается и отрывается от берегов. В некоторые годы этот процесс настолько интенсивен, что целые прибрежные ледяные поля уносятся в открытое море. Транспортировка вмерзших в лёд раковин *S. gigas* на глубину происходит также и во время весеннего разрушения льда. На наш взгляд именно этим обстоятельством объясняется выявленный нами неравномерный характер распределения глубоководных поселений *S. gigas*. С восточной стороны вскрытие Татарского пролива начинается раньше и более активно, чем на тех же широтах с западной стороны. По этой причине льдины дрейфуют к сахалинскому побережью и под влиянием теплых вод Цусимского течения постепенно тают, а живые особи и пустые раковины устрицы опускаются на дно. Перемещение раковин этого представителя малакофауны с ледовым припаем

неоднократно наблюдал в 1924–1932 гг. А.И. Разин в зал. Петра Великого у ст. Океанской: «...во время весеннего вскрытия бухт многочисленные вмерзшие устрицы в взламывающихся льдах, которые разносились по всему Амурскому заливу и при таянии льда опускались на дно различных глубин» [3, С. 41].

Таким образом, на глубоководных участках северо-восточной части Татарского пролива вдоль сахалинского побережья в районе между зал. Виахту и м. Ламанон в составе донной эпифауны присутствуют одиночные или в виде небольших друз эфемерные поселения *S. gigas*. Их формирование происходит за счет регулярного и продолжительного по времени поступления взрослых особей данного вида, иногда с молодью на поверхности их створок, из мелководных районов северной части этой акватории в результате ледового разноса.

1. Иванов А.В. Работы по бентосу Приморья и Татарского пролива летом 1931 года // Иссл. морей СССР. 1933. Вып. 19. С. 93–101.

2. Дуленина П.А. Видовой состав двустворчатых моллюсков западной части Татарского пролива Японского моря // Бюл. Дальнев. малакол. общества. 2013. Вып. 17. С. 27–78.

3. Разин А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья // Изв. ТИНРО. 1934. Т. 8. С. 1–100.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ВЫДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДВУСТВОРЧАТЫМИ МОЛЛЮСКАМИ РЫХЛЫХ ГРУНТОВ ЧЁРНОГО МОРЯ

Колючкина Г.А., Чикина М.В., Кондарь Д.В., Любимов И.В., Ребецкая Е.А.,
Полухин А.А.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва,
kondaria@gmail.com

В бентосном сообществе умеренного пояса основную роль в захоронении органического и карбонатного углерода играют морские раковинные организмы (в основном моллюски). Шельф Черного моря является примером района, где сравнительно короткоживущие моллюски (в среднем 5–6 лет) являются основой бентосных сообществ и населяют зону глубин от уреза воды до 100–120 м вдоль всего побережья [1]. Это обеспечивает постоянный поток раковинного материала в донные осадки. В 2021 г. Министерство науки и высшего образования РФ запустило пилотный проект карбоновых полигонов для оценки потоков климатически активных газов в разных природных зонах. На северо-восточном побережье Чёрного моря был образован карбоновый полигон «Геленджик», одной из задач которого стала оценка вклада местной донной биоты в потоки углекислого газа и цикл углерода. Несмотря на то, что раковины отмирающих моллюсков захораниваются в осадках, выводя диоксид углерода из цикла, моллюски выделяют CO_2 не только в процессе дыхания, но и в процессе синтеза раковины, поглощая HCO_3^- из окружающей среды [2]. *Вклад современных бентосных экосистем шельфа Чёрного моря в секвестирование и эмиссию атмосферного углерода остается малоизученной областью. Особенно актуальными такого рода исследования становятся в условиях климатических изменений, появления новых чужеродных видов и растущей антропогенной нагрузки.* Целью настоящей работы стала экспериментальная оценка скорости потребления кислорода и выделения диоксида углерода массовыми видами двустворчатых моллюсков, обитающих на полигоне – *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, *Pitar rudis* (Poli, 1795) и *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758).

По 5 экземпляров моллюсков помещали в 4 затемненные ёмкости после предварительной акклимации, пятый такой же сосуд оставляли контрольным. Воду для экспериментов фильтровали через фильтр с диаметром пор 0.22 мкм. Время экспозиции в герметичных сосудах составляло 3 ч. До и после экспозиции проводили измерения гидрохимических параметров: концентрации кислорода, рН, щелочности, температуры, солёности, аммиака. Выполняли расчет характеристик карбонатной системы в программе Co2SYS: общей концентрации CO_2 (TCO_2), гидрокарбонат иона (HCO_3^-), карбоната (CO_3^{2-}) и растворенного CO_2 ($\text{CO}_2 \text{ aq}$), а также парциального давления CO_2 (pCO_2), насыщения арагонитом (Ω_{ar}) и кальцитом (Ω_{ca}). Скорость потребления кислорода и выделения CO_2 приводили к сырой массе моллюсков. Поток CO_2 пересчитывали

на площадь дна на основании известных средних биомасс каждого вида на полигоне.

Для анадары, мидии и питара потребление O_2 в пересчете на 1 г веса моллюска составило в среднем 0.6–0.8 мкмоль O_2 на 1 г веса в час. Суммарное выделение CO_2 моллюсками составляло: 0.3 ± 0.3 мкмоль CO_2 на 1 г веса в час у анадар, 1.9 ± 0.7 мкмоль CO_2 у мидий, 1.0–1.5 мкмоль CO_2 у питаров. У анадар преобладал вклад кальцификации в этот процесс, а у мидий и питаров – дыхания. На основании полученных в эксперименте значений скорости поставки углекислого газа моллюсками были получены ориентировочные средние поставки этими видами CO_2 в среду на Карбоновом полигоне (табл.).

Оценка поставки углекислого газа моллюсками. В – ориентировочная средняя биомасса моллюсков на северо-восточном побережье Черного моря.

Вид	В (г/м ²)	Поступление CO ₂ (мкмоль/Г·год)	Поступление CO ₂ (ммоль /м ² ·день)	Поступление CO ₂ (ммоль /м ² ·год)
<i>Anadara kagoshimensis</i>	50	2485	0,3	124
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	500	17074	23,4	8537
<i>Pitar rudis</i>	25	9037	0,6	226
<i>Chamelea gallina</i>	15	11271	0,5	169

Эксперимент по оценке скорости потребления кислорода и выделения диоксида углерода, проведенный для массовых видов *Bivalvia*, среди которых есть как недавние вселенцы – *A. kagoshimensis*, так и автохтонные виды двустворчатых моллюсков, такие как *C. gallina*, *M. galloprovincialis* и *P. rudis*, показал, что наиболее интенсивно производит газообмен мидия *M. galloprovincialis*. У *A. kagoshimensis* зависимости поглощения и выделения газов не линейные, что, по всей видимости, связано с наличием у них гемоглобина и более сложной системой регуляции этой ветви обмена.

Предварительный расчет показал, что для временного масштаба «год» моллюски выделяют углекислого газа в процессе дыхания и образования раковины больше, чем секвестрируют. Однако, поскольку раковины в донных осадках сохраняются тысячелетиями, в геологическом масштабе эмиссию моллюсками CO_2 можно считать пренебрежимо малой.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН FMWE-2023-0001.

1. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря. Киев: Наукова Думка. 1981. 168 с.

2. Lejart M., Clavier J., Chauvaud L., Hily C. Respiration and calcification of *Crassostrea gigas*: contribution of an intertidal invasive species to coastal ecosystem CO_2 fluxes // ESCO. 2012. Vol. 35. № 2. P. 622–632.

ПОИСК ГЕНОВ РАННЕГО НЕЙРОГЕНЕЗА У ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*

Котенко А.И., Костюченко Р.П.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
sasha.tele@gmail.com

Центральная нервная система является одной из важнейших систем органов животных, обеспечивающей функционирование организма и реакцию на внешние раздражители. Несмотря на вариации в строении и развитии нервной системы, молекулярные механизмы, обеспечивающие нейрогенез, в разных таксонах остаются относительно консервативными. Основная информация о генно-регуляторных сетях, вовлечённых в нейрогенез, получена на членистоногих и позвоночных, в то время как для представителей Spiralia имеющих данные заметно меньше.

Annelida – представители таксона Spiralia, Lophotrochozoa. Они характеризуются спиральным дроблением, метамерным строением тела, вторичной полостью тела и трохофорной личинкой. Нервная система взрослых особей аннелид представлена головным ганглием, брюшной нервной цепочкой и сегментарными нервами. Во время эмбрионального развития полихет нервная система формируется из нейроэктодермы.

Существует набор ключевых генов, вовлечённых в нейрогенез, в том числе *Neurogenin*, *Achaete-scute*, *SoxB* и другие. Цель нашего исследования – изучение молекулярного паттерна развития нервной системы в ходе эмбриогенеза у беломорской полихеты *Alitta virens*.

В ходе анализа транскриптома *A. virens* нами были обнаружены последовательности, характерные для генов, участвующих в нейрогенезе на разных этапах. Были обнаружены ранний спецификатор *SoxB*, пронеуральные гены, такие как *Achaete-scute*, регулятор выхода из клеточного цикла – *Prospero*, а также маркеры ранних постмитотических нейронов, в том числе *Synaptotagmin*, различные спецификаторы и факторы навигации роста аксонов – *Robo* и *Slit*.

Большинство копий этих генов было обнаружено в единственном числе, что свидетельствует о консервативности генно-регуляторной сети нейрогенеза и её сходстве с другими изученными представителями полихет – *Capitella teleta* и *Platynereis dumerilii*.

Данное исследование поддержано грантом РФФ 24-24-00149 и выполнено в ресурсном центре Научного парка Санкт-Петербургского университета «Развитие молекулярных и клеточных технологий».

ХЕМОСИМБИОТРОФНЫЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ PLIOCARDIINAE (VESICOMYIDAE): ПО СЛЕДАМ БЫЛЫХ АРЕАЛОВ

Крылова Е.М.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, elenamkr@mail.ru

Двустворчатые моллюски подсемейства Pliocardiinae (Vesicomylidae) представляют собой одну из наиболее успешных групп, освоивших восстановительные биотопы; они насчитывают около 100 видов и обитают в районах метановых и гидротермальных выходов, зонах кислородного минимума и около скоплений разлагающейся органики, на глубинах от 100 до более 6000 м [1]. Все известные на сегодняшний день виды подсемейства живут в облигатном симбиозе с тиотрофными γ -протеобактериями, от которых получают необходимое питание. Распространение плиокардиин отражает фрагментарный характер распределения восстановительных условий на дне океана, когда популяции одного вида могут быть разделены тысячами километров. При таком характере распространения закономерно встает вопрос о путях формирования разорванных ареалов и связях популяций. В качестве возможных объяснений обсуждаются способности личинок к расселению; наличие еще не открытых промежуточных восстановительных биотопов с популяциями, сокращающих расстояние между наиболее удаленными популяциями, а также наличие биотопов, которые существовали в прошлом. Известно, что восстановительные условия со временем меняются [2], и локальные восстановительные биотопы могут вовсе исчезать после того, как они сыграли роль «перевалочных пунктов» для расселения определенных видов. Однако о наличии восстановительных условий и распространении плиокардиин в прошлом могут свидетельствовать обнаруженные субфоссильные раковины. Крупные размеры моллюсков способствуют хорошей сохранности раковин даже в таких экстремальных местообитаниях, как желоба.

Палео-нахождения ныне живущих видов позволяют оценить изменение ареалов плиокардиин во времени, определить вероятные пути миграций для реконструкции сценариев формирования современных ареалов, а также получить информацию об изменении самих восстановительных биотопов во времени. Многие субфоссильные раковины плиокардиин были собраны с помощью тралов и дночерпателей, зачастую еще до открытия глубоководных восстановительных биотопов. Палео-нахождения, часть из которых датирована, известны для более десятка из ныне живущих видов плиокардиин.

В целом, наши данные свидетельствуют об относительно быстрых изменениях ареалов видов со времени плейстоцена. Плейстоценовые находения часто находятся за границами современных ареалов вида. Например, на Срединно-Атлантическом хребте (САХ) на потухших гидротермах были найдены субфоссильные створки плейстоценового возраста трех видов плиокардиин [3], из которых только один, *Abyssogena southwardae*,

встречен на САХ в настоящее время [1]. Масштаб изменения ареалов во времени может быть значительным, меняясь, например, от панталасского в плейстоцене до приконтинентального в настоящее время. Однако, палео-популяции могут встречаться и в пределах современного ареала вида между пространственно разделенными популяциями, обозначая возможные пути расселения вида.

Исследования динамики ареалов и связей фрагментированных популяций приобретают особое значение в период активного освоения морского дна; результаты таких работ важны для разработки рациональных решений по охране морских сообществ.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-17-00321.

1. Krylova E.M., Sahling H., Janssen R. Abyssogena: a new genus of the family Vesicomidae (Bivalvia) from deep water vents and seeps // J. Moll. Stud. 2010. Vol. 76. No. 4. P. 107– 132.

<https://doi.org/10.1093/mollus/eyp052>

2. Tunnicliffe V., Juniper S.K., Sibuet M. Reducing environments of the deep-sea floor, in: Tyler, P.A. (Ed.). Ecosystems of the Deep Oceans. 2003.Elsevier, Amsterdam, pp. 81–110.

3. Lartaud F., de Rafelis M., Oliver G., Krylova E., Dymont J., Ildefonse B., Thibaud R., Gente P., Hoise E., Meistertzheim A.-L., Fouquet Y., Gaill F., Le Bris N. Fossil clams from a serpentinite-hosted sedimented vent field near the active smoker complex Rainbow (MAR, 36°176.13N): insight into the biogeography of vent fauna // Geochem. Geophys. Geosyst. 2010. Vol. 11, Q0AE01. <https://doi.org/10.1029/2010GC003079>.

НОВЫЙ МЕХАНИЗМ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕТРОДОТОКСИНУ У СВЕРХТОКСИЧНОЙ НЕМЕРТИНЫ *CEPHALOTHRIX* CF. *SIMULA*

Кузнецов В.Г., Магарламов Т.Ю.

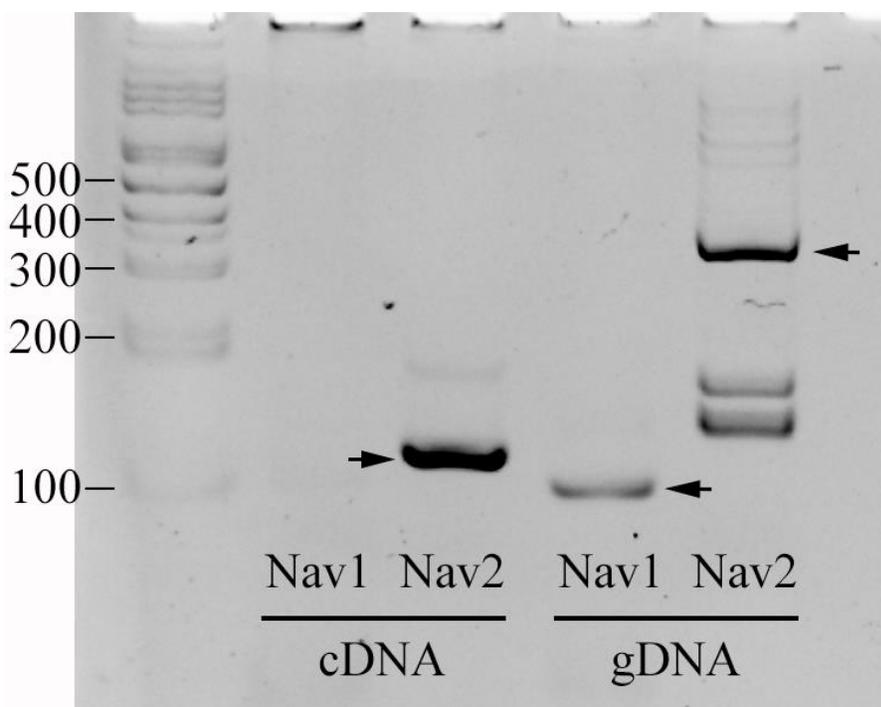
Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, vas9i-kz@mail.ru

Тетродотоксин относится к классу гуанидиновых нейротоксинов, которые селективно блокируют потенциал-зависимые натриевые каналы первого типа (Nav1). За счет высокой селективности и сродству к Nav1, тетродотоксин проявляет свое сильное токсическое действие даже в очень низких, наномолярных концентрациях. Однако существуют животные, способные накапливать тетродотоксин в своих тканях в большом количестве без нарушения физиологических функций. Например, рыбы Фугу, синекольчатые осьминоги, тритоны, у которых концентрация ТТХ в отдельных тканях может достигать ~275 мкг/г. К таким животным относится и исследуемая нами немертина *Cephalothrix* cf. *simula* у которой максимальная концентрация достигает ~4500 мкг/г массы. Обычно устойчивость к ТТХ у таких животных обеспечивается за счет мутаций в Р-петельных участках канала, формирующих селективный фильтр, что значительно снижает аффинность токсина к Nav1. Наличие подобного механизма было предположено и для *C. cf. simula*.

Для поиска мутаций в последовательности Nav1 *C. cf. simula* была использована транскриптомная сборка, полученная нами при секвенировании кДНК на платформе Illumina NovaSeq6000. Выравнивание транскриптомной сборки на известные последовательности Nav1 других немертин, *Lineus longissimus* и *Notospermus geniculatus*, не выявило присутствия Nav1 у *C. cf. simula*. Такой же результат получился при поиске участков Nav1 в сырых транскриптомных ридах *C. cf. simula*. При этом в транскриптомной сборке и сырых ридах нами было обнаружено присутствие генетических последовательностей потенциал-зависимых натриевых каналов немертин второго типа (Nav2). Мы предположили, что данный вид немертин, возможно, не экспрессирует Nav1. Для подтверждения данной гипотезы на основании доступных геномных данных по *Cephalothrix simula* (SRR26031763) были разработаны праймеры на третий Р-петельный домен селективного фильтра для Nav1 и Nav2. Данные праймеры использовали для амплификации фрагмента Nav1 длиной 97 п.н. и фрагмента Nav2 длиной 118 п.н. из транскриптомной кДНК. Кроме того, подобранные для фрагмента Nav2 праймеры давали фрагмент (~320–350 п.н.), содержащий интрон при амплификации геномной ДНК.

Для получения чистой РНК и ДНК из *C. cf. simula* использовалась хвостовая часть животного, не содержащая кишечника, во избежание контаминации генетическим материалом других видов животных. Выделенная РНК перед синтезом кДНК инкубировалась 10 мин в присутствии ДНКазы E. Синтез кДНК проводили с использованием набора Mint-2 (Евроген, Россия). Полученная кДНК использовалась для амплификации фрагментов Nav1 и Nav2

(38 циклов: 94°C 20s, 54°C 15s, 72°C 20s). Результат оценивался при помощи гель-электрофореза в полиакриламидном геле с окрашиванием бромистым этидием (рис.).



Гель-электрофорез в полиакриламидном геле ампликонов Nav1 и Nav2 из геномной и транскриптомной ДНК *Cephalothrix cf. simula*. Условные обозначения: cDNA – комплементарная ДНК; gDNA – геномная ДНК, Nav1 – потенциал-зависимый натриевый канал первого типа; Nav2 – потенциал-зависимый натриевый канал второго типа. Стрелками указаны основные ПЦР продукты.

Полученная нами в результате картина свидетельствует о том, что у *C. cf. simula* по всей видимости практически отсутствуют или находятся в очень низком количестве транскрипты, относящиеся к Nav1 (рис.). В то же время сам ген Nav1 присутствует в геноме, так как его фрагмент обнаруживается при амплификации геномной ДНК (рис.). Фрагмент же относящийся к Nav2 амплифицируется в обоих случаях, при этом в транскриптоме он не содержит интронной вставки, что указывает на то, что Nav2 активно экспрессируется. Исходя из полученных данных, нами было предположено, что устойчивость *C. cf. simula* к сверхвысоким концентрациям тетродотоксина обеспечивается за счет присутствия в нервной системе преимущественно Nav2, у которых аффинность к ТТХ значительно ниже, чем у Nav1. Таким образом, мы впервые выявили новый механизм, повышающий устойчивость ТТХ-содержащих организмов к токсину, при котором происходит избирательная экспрессия одного из двух типов потенциал-зависимых натриевых каналов.

СОВРЕМЕННАЯ МАЛАКОФАУНА МЯГКИХ ГРУНТОВ ЮЖНОГО УЧАСТКА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО БИОСФЕРНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Лебедев Е.Б., Левенец И.Р.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, *ev-lebedev@mail.ru*

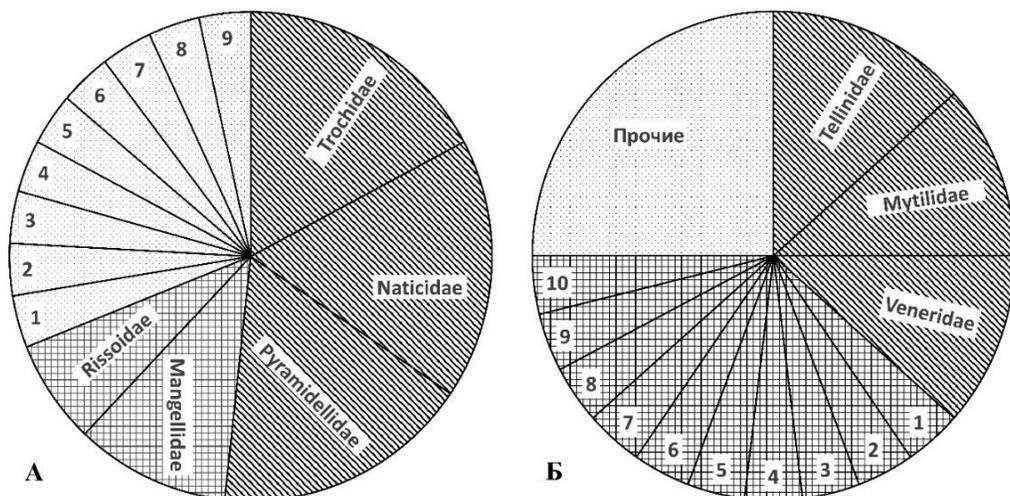
Фауна раковинных брюхоногих и двустворчатых моллюсков Дальневосточного морского заповедника, занимающего 11% площади залива Петра Великого Японского моря, достаточно богата и включает более 230 видов [1]. На мягких грунтах южного участка заповедника, по данным инвентаризационных фаунистических исследований XX века, указывается около 110 видов, из них 40 – Gastropoda и 70 – Bivalvia [2, 3].

Материалом для работы послужили мониторинговые сборы макробентоса, выполненные дночерпателем Ван-Вина на мягких грунтах южного участка во время рейса НИС «Профессор Насонов» под руководством В.Н. Лысенко летом 2014 г. Пробы отобраны на 35 станциях в трех повторностях с последующей фиксацией 70% этанолом. Во всех 105 пробах макробентоса были обнаружены раковинные моллюски.

Переднежаберные Gastropoda представлены 29 видами, отнесенными к 24 родам и 14 семействам; Bivalvia – 52 видами из 42 родов и 27 семейств. Наиболее крупные семейства брюхоногих моллюсков: Naticidae, Pyramidellidae и Trochidae содержат по 5 видов. Крупные семейства двустворчатых: Mytilidae, Veneridae и Tellinidae включают по 6–7 видов. Разнообразие малакофауны на уровне семейств показано на рисунке.

Как видно, доля крупных семейств в малакофауне южного участка колеблется от 52% (от общего числа видов) у брюхоногих до 36.5% у двустворчатых. Семейства, включающие 2–3 вида, составляют 17% у Gastropoda и 38.5% у Bivalvia. Минимальным числом видов представлен 31% семейств брюхоногих и 25% семейств двустворчатых.

Наиболее крупный род брюхоногих, *Margarites*, включает три вида; два из них, *Margarites giganteus* (Leche, 1878) и *M. helycinus* (Phipps, 1774), являются новыми для малакофауны южного участка заповедника. Около 21% от общего количества родов Gastropoda (*Cryptonatica*, *Euspira* (= *Lunatia*), *Odostomia*, *Philine*, *Retusa*) содержат по два вида, остальные представлены минимальным числом видов. Самый крупный род Bivalvia, *Macoma*, включает 4 вида; около 14% от общего числа родов (*Astarte*, *Lyonsia*, *Megangulus*, *Musculus*, *Mya*, *Yoldia*) содержат по два вида, остальные – по одному.



Таксономическое разнообразие современной малакофауны мягких грунтов южного участка Дальневосточного морского заповедника на уровне семейств.

А – брюхоногие моллюски; семейства: 1 – Buccinidae, 2 – Colloniidae, 3 – Lepetidae, 4 – Litiopidae, 5 – Muricidae, 6 – Olividae, 7 – Teinostomatidae, 8 – Turritellidae, 9 – Velutinidae. Б – двустворчатые моллюски; 1 – Astartidae, 2 – Cardiidae, 3 – Lyonsiidae, 4 – Mactridae, 5 – Myidae, 6 – Nuculidae, 7 – Pectinidae, 8 – Thraciidae, 9 – Thyasiridae, 10 – Yoldiidae.

По нашим данным, впервые подтверждено достоверное нахождение на южном участке 4 видов брюхоногих моллюсков, являющихся редкими как для малакофауны морского заповедника, так и для малакофауны зал. Петра Великого. Это *Ciliatovelutina nana* (Bartsch, 1950), *Cryptonatica aleutica* Dall, 1919, *Euspira pallida* (Broderip et G.B. Sowerby I, 1829) и *Onoba castanella* (Dall, 1886). Вид *Gastropoda Guraleus deshayesi* (Dunker, 1860) ранее не был обнаружен в живом состоянии в зал. Петра Великого. Он является новым для малакофауны Дальневосточного морского заповедника.

На мягких грунтах южного участка самыми обычными моллюсками являются 4 вида двустворчатых: *Axinopsida subquadrata* (A.Adams, 1862) с частотой встречаемости 61%, *Ennucula tenuis* (Montagu, 1808) – 55%, *Yoldia aeolica* (Valenciennes, 1846) – 37% и *Alveinus ojanus* (Yokoyama, 1927) – 28%. Высокие или значимые показатели обилия (на одну станцию) зарегистрированы у представителей 9 семейств Bivalvia: Kelliellidae, Cardiidae, Myidae, Mytilidae, Nuculidae, Pectinidae, Thyasiridae, Veneridae, Yoldiidae. Из них преобладают виды: *A. ojanus* (плотность поселения – до 34058 экз./м²; биомасса – до 47 г/м²), *Solamen leanum* (Dall, 1897) (плотность – до 1335 экз./м²; биомасса – до 11 г/м²), *E. tenuis* (плотность – до 676 экз./м²; биомасса – до 16 г/м²), *A. subquadrata* (плотность – до 494 экз./м²; биомасса – до 1 г/м²), *Serripes groenlandicus* (Mohr, 1786) (плотность – до 62 экз./м²; биомасса – до 228 г/м²), *Y. aeolica* (плотность –

до 55 экз./м²; биомасса – до 4.2 г/м²), *Ezocallista brevisiphonata* (P. P. Carpenter, 1864) (плотность – до 7 экз./м²; биомасса – до 546 г/м²), *Mizuhopecten yessoensis* (J.C. Jay, 1857) (плотность – до 3 экз./м²; биомасса – до 609 г/м²), *Mercenaria simpsoni* (A. Gould, 1861) (плотность – до 3 экз./м²; биомасса – до 585 г/м²). Показатели обилия брюхоногих заметно ниже: плотность поселения – до 107 и 146 экз./м² (*Charisma candida* (A. Adams, 1861) и *Derjuginella rufofasciata* (E. A. Smith, 1875), соответственно); биомасса – до 2.7 и 5.6 г/м² (*D. rufofasciata* и *Neohaustator fortiliratus* (G.V. Sowerby III, 1914), соответственно). Как видно, количественный состав малакофауны мягких грунтов характеризуется доминированием *Bivalvia* как по плотности поселения, так и по биомассе.

Таким образом, мониторинговыми исследованиями 2010-х гг. показано, что современная малакофауна мягких грунтов южного участка морского заповедника, дополненная 5 видами *Gastropoda*, достаточно богата и разнообразна. При этом фауна двустворчатых моллюсков богаче и разнообразнее фауны брюхоногих.

Работа выполнена в рамках темы НИР №24021900011-9.

1. Лебедев Е.Б., Левенец И.Р. Состав малакофауны Дальневосточного морского заповедника (залив Петра Великого Японского моря) // Вестник КрасГАУ. 2018. Вып. 3. С. 189–193.

2. Гульбин В.В. Класс *Gastropoda* – Брюхоногие Моллюски // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 161–182.

3. Лебедев Е.Б., Иванова М.Б., Москалец И.П., Озолиньш А.В. Класс *Bivalvia* Linnaeus, 1758 – Двустворчатые Моллюски // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 187–200.

СОСТАВ ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЕЯ В 2019–2024 ГГ.

Левенец И.Р., Григорьева Н.И., Лебедев Е.Б.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,*

г. Владивосток, iralevenetz@rambler.ru

Экологические и гидролого-гидрохимические наблюдения, проводившиеся в течение последних десятилетий, свидетельствуют о значительном антропогенном прессе на зал. Восток [1, 3]. Для оценки антропогенного воздействия на морские прибрежные воды проведено сравнение таксономического состава макрофитобентоса за период с 2000–2003 гг. по 2019–2024 гг.

Проанализированы видовые списки флоры залива в целом и основных районов, различающихся гидрологией и уровнем антропогенного загрязнения, – мористой, средней и вершинной части. Выявлено, что за 20-летний период в зал. Восток произошло восстановление видового богатства *Algae* на 20% – с 105 до 126 видов [2, 3]. В 2019–2024 гг. в вершинной части отмечено 112 видов, в средней – 92, мористой – 71. Следует отметить, что в пределах ООПТ – заказника «Залив Восток» – найден 21 вид водорослей, новых для флоры залива [2]. Состав современной флоры залива в целом и трех основных районов представлен в таблице.

Как видно, таксономический состав флоры богаче и разнообразнее в вершинной части залива. У красных водорослей число порядков снижается в 1.2 раза – от 14 в куту до 12 в мористой части, число семейств – в 1.2 раза (с 27 до 23), родов – в 1.6 раза (с 46 до 29), видов – в 1.6 раза (с 61 до 37). У зеленых водорослей число семейств уменьшается в 1.5 раза (с 9 до 6), родов – в 1.6 раза (с 13 до 8), видов – в 1.8 раза (с 23 до 13). У бурых водорослей число семейств колеблется от 9 до 10, родов – снижается в 1.2 раза (с 20 до 17), видов – в 1.3 раза (с 28 до 21). Таким образом, уменьшение разнообразия на уровне видов и надвидовых таксонов в направлении от вершины к выходу из залива выявлено во всех группах *Algae*, но наиболее выражено в отделах *Chlorophyta* и *Rhodophyta*. Обеднение таксономического состава флоры, вероятно, вызвано комплексом факторов: недостаточным для тепловодных видов летним прогревом, преобладанием подвижных и мягких грунтов, вкупе с сильными течениями, препятствующими долговременным поселениям макрофитов, заносом загрязненных и мутных вод из сопредельных районов.

Красные водоросли лидировали по числу видов и надвидовых таксонов, тогда как бурые доминировали по биомассе на твердых и смешанных грунтах исследованного района. Это крупные кустистые формы из родов *Desmarestia* и *Sargassum*, а также виды *Costaria* и *Saccharina* с пластинчатой формой таллома. Виды *Desmarestia* и *Costaria* – однолетники, *Saccharina* – двулетники и

Sargassum – многолетники. Виды родов *Bangia*, *Besa*, *Corallina*, *Campylaephora*, *Chondrus*, *Grateloupia*, *Neorhodomela* и *Pyropia*. мелкие кустистые и пластинчатые формы Rhodophyta, были руководящими в фитоценозах на твердых и смешанных грунтах. Кустистые и пластинчатые формы Chlorophyta из родов *Bryopsis*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Codium*, *Monostroma* и *Ulva* были руководящими в фитоценозах на смешанных и мягких грунтах.

Таксономический состав макрофлоры зал. Восток в 2019–2024 гг.

Район	Отдел (Класс)	Количество таксонов			
		Порядок	Семейство	Род	Вид
Вершинная часть	Ochrophyta, Phaeophyceae	8	10	20	28
	Rhodophyta	14	27	46	61
	Chlorophyta	5	9	13	23
Средняя часть	Ochrophyta, Phaeophyceae	8	9	20	24
	Rhodophyta	13	25	35	53
	Chlorophyta	5	7	10	15
Мористая часть	Ochrophyta, Phaeophyceae	8	10	17	21
	Rhodophyta	12	23	29	37
	Chlorophyta	5	6	8	13
Залив в целом	Ochrophyta, Phaeophyceae	8	11	25	34
	Rhodophyta	15	29	48	69
	Chlorophyta	5	9	13	23

В июле 2024 г. в средней части залива установлено полное отсутствие *Desmarestia viridis*, вида-доминанта 2021–2022 гг., у м. Пушина, а также снижение биомассы *D. viridis* в бухтах Большая Прибойная и Средняя в 2–3 раза по сравнению с аналогичным периодом 2021–2022 гг. В вершинной части, в бухтах Тихая Заводь и Восток, произошло замещение *D. viridis* другим видом-доминантом *Costaria costata*. Выявлено предпочтительное прикрепление макроводорослей, обитающих в вершинной и средней части, к раковинам живых и, реже, мертвых двустворчатых моллюсков: *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis*, *Mytilisepta keenae* и *Tetrarca boucardi*.

По нашим данным, доля бурых водорослей в составе флоры варьирует от 25% в вершинной части и до 30% – в мористой, доля красных – от 52% в мористой части и до 58% в средней, а доля зеленых – от 16% в средней части и до 20% в вершинной. Для флоры залива в целом характерны следующие ценоотические пропорции: бурые 27%, красные 55%, зеленые 18%. По нашим данным, значения флористического коэффициента не превышали таковых в 2000–2003 гг. [3]. В 2019–2024 гг. они составили: 2.7 для залива в целом, 2.4 – для мористой, 2.8 – средней и 3.0 – вершинной части. В весенне-летний период величина флористического коэффициента несколько снижалась: в кутовой части до 2.7, а в мористой – до 2.3.

Таким образом, таксономический состав водорослей-макрофитов зал. Восток характеризуется довольно высоким уровнем разнообразия и видового богатства. Обеднение таксономического состава бентосной флоры, отмеченное в мористой части, может быть следствием антропогенного воздействия на биоту, показанного ранее специальными исследованиями макробентоса зал. Восток.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124021900009-6.

1. Григорьева Н.И. Условия среды в прибрежных биотопах зал. Восток (Японское море) как районах обитания брюхоногих и двустворчатых моллюсков // Бюллетень ДВМО. 2022. Вып. 26. № 1–2. С. 128–142.

2. Левенец И.Р., Лебедев Е.Б., Кепель А.А. Современный состав макрофлоры морского заказника «залив Восток» (залив Петра Великого, Японское море) // Межд. научн. чтения: сб. ст. IV Межд. конф. Петрозаводск: МЦНП "Новая наука", 2024. С. 321–328.

3. Христофорова Н.К., Гальшева Ю.А., Коженкова С.И. Оценка антропогенного воздействия на залив Восток (Японское море) по флористическим показателям макробентоса // Доклады АН. 2005. Т. 405. № 6. С. 819–821.

МИКРОВОДОРОСЛИ КОМПЛЕКСА ВЦВ В ФИТОПЛАНКТОНЕ БУХТЫ ОЛЬГА (КРОНОЦКИЙ ЗАЛИВ) В АКВАТОРИИ ЛЕТНЕГО НАГУЛА СЕРЫХ КИТОВ

Лепская Е.В.¹, Волкова Е.В.², Балакирев Д.А.²

¹Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»), г. Петропавловск-
Камчатский, e.lepskaya@kamniro.vniro.ru

²Кроноцкий государственный заповедник, г. Елизово, zapoved@kronoki.ru

В бухту Ольга, расположенную в северной части Кроноцкого залива (Кроноцкий заповедник), летом приходят на нагул серые киты (*Eschrichtius robustus*). Вид включен в Международную Красную книгу, Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Камчатки, список Международного Союза Охраны Природы, Приложение 1 СИТЕС, с 1946 г., находится под защитой Международной китобойной конвенции. Кроме серых китов здесь же в летнее время можно встретить и других морских млекопитающих. В прибрежье на глубинах 6–10 м серые киты кормятся животными бентоса, в которых при массовом развитии вредоносных микроводорослей (ВЦВ) накапливаются фикотоксины. Цель нашего исследования – выявить видовой состав микроводорослей комплекса ВЦВ и общую таксономическую композицию фитопланктона в бухте Ольга, а также проследить сезонную динамику видовой структуры фитопланктона.

Материал собран на двух прибрежных станциях в бухте Ольга на изобатах 10 м (точка 1) и 20 м (точка 2) (рис.) в период с 19 июля по 4 сентября 2022 г. сетью Джеди (диаметр входного отверстия 0,12 м, размер ячеей фильтрующего конуса 90 мкм) тотальным обловом от дна до поверхности.

В период наблюдений в планктоне постоянно обитали микроводоросли комплекса ВЦВ из родов *Pseudo-nitzschia*, *Akashiwo*, *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Gonyaulax*. Пик развития *Pseudo-nitzschia* пришелся на вторую половину июля. Максимальная численность этой группы видов, более 80 млн кл./м³, отмечена 19 июля в точке 2. Динофлагелляты наиболее разнообразны и обильны были на более мелководной акватории в точке 1. Здесь средняя численность *Alexandrium* составила 34 тыс. кл./м³, *Dinophysis* – 11 тыс. кл./м³, *Gonyaulax* – 5 тыс. кл./м³.

Всего в фитопланктоне найдено 127 таксонов микроводорослей (список приведен ниже), некоторые найдены в Кроноцком заливе впервые. Численность фитопланктона изменялась от 600 кл./л до 2 млн кл./л. Максимум численности наблюдали 19 июля в точке 2, минимум – в 17 августа в точке 1. Список видов фитопланктона приведен ниже.

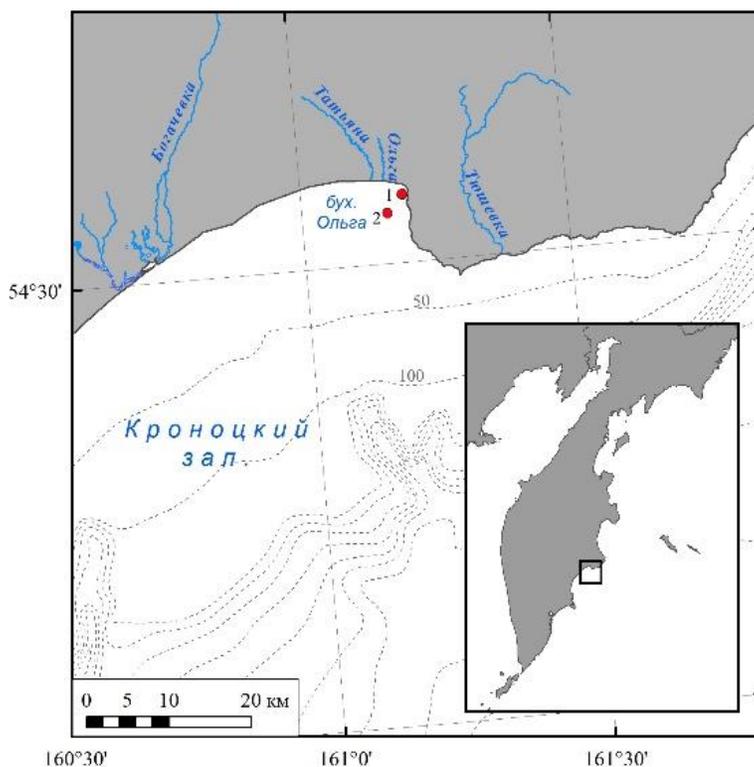


Рисунок. Карта-схема расположения планктонных станций в бухте Ольга в 2022 г.

BACILLARIOPHYCEAE: *Amphyprora* sp., *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, *Asterionellopsis kariana* (Grunow) Round, *Bellerochea malleus* (Brightwell) Van Heurck, *Biddulphia biddulphiana* (J.E. Smith) Boyer, *Chaetoceros atlanticus* Cleve, *C. compressus* Lauder, *C. concavicornis* Mangin, *C. curvisetus* Cleve, *C. debilis* Cleve, *C. decipiens* Cleve, *C. diadema* (Ehrenberg) Gran, *C. didymus* Ehrenberg, *C. lacinosus* F. Schütt, *C. mitra* (Bailey) Cleve, *C. muelleri* Lemmermann, *C. pseudocrinitus* Ostenfeld, *Chaetoceros* cf. *seiracanthus* Gran, *C. teres* Cleve, *Chaetoceros* sp., *Corethron criophilum* Castracane, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle, *Fragilaria striatula* Lyngbye, *Fragilariopsis* sp., *Gyrosigma fasciola* (Ehrenberg) J.W. Griffith & Henfrey, *Gyrosigma* sp., *Isthmia nervosa* Kützing, *Leptocylindrus danicus* Cleve, *L. minimus* Gran, *Licmophora abbreviata* C. Agardh, *Navicula cancellata* Donkin, *N. directa* (W. Smith) Brébisson, *N. septentrionalis* (Grunow) Gran, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Odontella aurita* (Lyngbye) C. Agardh, *O. granulata* (Roper) R. Ross, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden, *P. pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo, *Pseudo-nitzschia* sp.1, *Pseudo-nitzschia* sp.2., *Rhabdonema arcuatum* (Lyngbye) Kützing, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran, *R. styliformis* T. Brightwell, *Sundstroemia setigera* (Brightwell) Medlin, *Skeletonema* spp.,

Stephanopyxis nipponica Gran & Yendo, *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo, *T. nitzschioides* (Grunow), Mereschkowsky, *Thalassiosira antarctica* Comber, *T. eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, *T. gravida* Cleve, *T. hyalina* (Grunow) Gran, *T. nordenskioeldii* Cleve, *T. pacifica* Gran & Angst, *T. rotula* Meunier, *Thalassiosira* sp.1, *Thalassiosira* sp.2, *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, *Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve; DINOPHYCEAE: *Akashiwo sanguinea* (K. Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, *Alexandrium* sp., *A. catenella* (Whedon & Kofoid) Balech, *A. tamarense* (Lebour) Balech, *Amylax triacantha* (Jørgensen) Sournia, *Archaeperidinium minutum* (Kofoid) Jørgensen, *Ceratium pentagonum* f. *turgidum* (Jørgensen) Bohm, *Ceratium* sp., *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, *D. acuta* Ehrenberg, *D. fortii* Pavillard, *D. rotundata* Claparède & Lachmann, *D. rudgei* (G. Murray & Whitting) T.H. Abé, *Dissodinium pseudolunula* Swift ex Elbrächter & Drebes, *Gonyaulax alaskensis* Kofoid, *G. diegensis* Kofoid, *G. digitalis* (Pouchet) Kofoid, *G. spinifera* (Claparède & Lachmann) Diesing, *Gymnodinium stellatum* Hulburt, *Gymnodinium* sp.1, *Gymnodinium* sp.2, *Gyrodinium* sp., *Karenia* cf. *mikimotoi* (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup, *Oblea baculifera* Balech, *Peridinium* sp., *Polykrikos kofoidii* Chatton, *Preperidinium meunieri* (Pavillard) Elbrächter, *Protoceratium reticulatum* (Claparède & Lachmann) Bütschli, *Protoperidinium brevipes* (Paulsen) Balech, *P. conicoides* (Paulsen) Balech, *P. conicum* var. *concovum* (Matzenauer) Balech, *P. conicum* f. *quardafuiana* (Matzenauer) Balech, *Protoperidinium* cf. *conicum* (Gran) Balech, *P. crassipes* (Kofoid) Balech, *P. curtipes* (Jørgensen) Balech, *P. denticulatum* (Gran & Braarud) Balech, *P. depressum* (Bailey) Balech, *Protoperidinium* cf. *gracile* Gran & Braarud, *P. granii* (Ostenfeld) Balech, *Protoperidinium* cf. *islandicum* (Paulsen) Balech, *P. leonis* (Pavillard) Balech, *P. marielebourae* (Paulsen) Balech, *P. oblongum* (Aurivillius) Parke & Dodge, *P. pallidum* (Ostenfeld) Balech, *P. pellucidum* Bergh, *P. pentagonum* (Gran) Balech, *Protoperidinium* cf. *pentagonum* (Gran) Balech, *P. punctulatum* (Paulsen) Balech, *Protoperidinium* cf. *steinii* (Jørgensen) Balech, *P. thorianum* (Paulsen) Balech, *Protoperidinium* sp.1, *Protoperidinium* sp.2, *Scrippsiella trochoidea* (F. Stein) A.R. Loeblich, *Tripos arcticus* (Ehrenberg) F. Gómez, *T. fusus* (Ehrenberg) F. Gómez, *T. lineatus* (Ehrenberg) F. Gómez, *T. longipes* (Bailey) F. Gómez, *T. muelleri* Bory; PYRAMIMONADOPHYCEAE: *Pterosperma* cf. *marginatum* Gaarder; EUGLENOPHYCEAE: *Euglena* sp.; CYANOPHYCEAE: *Phormidium* sp., *Anabaena* sp.; THECOFILOSEA: *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann; и Gen. sp.

ЭКСПРЕССИЯ ПРО- И АНТИ-АПОПТОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И НЕЙРОГЕНИНА В СПИННОМ МОЗГЕ МОЛОДИ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* В УСЛОВИЯХ ГОМЕОСТАТИЧЕСКОГО РОСТА И ПРИ ОСТРОМ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ

Литвинов Н. А.¹, Пущина Е.В.²

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
litvinov.na@dvfu.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО
РАН, г. Владивосток, ruschina@mail.ru

Недавние исследования доказали наличие у центральной нервной системы (ЦНС) костистых рыб способности к взрослому нейрогенезу - образованию нейронов в течение всей жизни организма [1, 3]. Исследования нейрогенеративных способностей различных групп клалды Teleostei может помочь в создании новых методов лечения и реабилитации пациентов с травмами ЦНС, в том числе с травмами спинного мозга. В качестве объекта исследования в этой работе была взята тихоокеанская кета *Oncorhynchus keta*. Являясь более базальной группой чем карпообразные, а соответственно и более приближенной к предковым формам позвоночных, семейство лососеобразных представляет интерес в качестве модельного организма для изучения нейрогенеза позвоночных. Совокупность этих факторов определило цель данной работы: исследовать особенности экспрессии про- и анти-апоптотических факторов, а также нейрогена в спинном мозге кеты при гомеостатическом росте и после нанесения острой травмы.

Для постановки эксперимента были взяты полуторогодовалые особи молоди кеты *O. keta*. Травма спинного мозга наносилась инсулиновой иглой в ростральную часть спинного мозга, за дорсальной границей мозжечка, параллельно задним границам жаберных крышек. Материал анализировался с помощью светлопольной иммуногистохимической реакции bcl-2, cas3 и нейрогенин маркирования.

Проведенные исследования позволили заключить:

В спинном мозге молоди кеты существуют условия для обеспечения эффективной регенерации нейронов и волокон спинного мозга при травматическом повреждении. Источником для эффективной регенерации, как мы полагаем, являются глиальные и неглиальные предшественники взрослого типа, действующие как стволовые клетки и способствующие возникновению пула последующих предшественников, участвующих в процессах регенерации. В условиях гомеостатического роста такие клетки могут участвовать в поддержании гомеостаза нейронов: являясь клетками глиальной линии они способны регулировать метаболизм глюкозы, выработку нейротрансмиттеров, регуляцию кровотока и гомеостаза воды [2].

В результате острого травматического повреждения в спинном мозге молоди кеты изменяется экспрессия анти-апоптотического фактора bcl-2 таким образом, что большинство мотонейронов 1 и мотонейронов 2 приобретают дополнительную анти-апоптотическую стрессоустойчивость по сравнению с интактными животными. Экспрессия cas3 носит более сложный характер поскольку, наряду с про-апоптотической активностью, как показали результаты наших исследований, cas3 участвует в синаптогенезе и гематопоэзе. Были найдены зоны конститутивного нейрогенеза. Обнаружение таких зон свидетельствует о высоком нейрогенном потенциале спинного мозга молоди кеты. Экспрессия нейрогенина у молоди кеты ограничена в вентральных отделах спинного мозга и широко распространена в дорсальных и эпендимо-глиальных областях, а также зонах автономного нейрогенеза, впервые выявленных в спинном мозге. В посттравматический период экспрессия нейрогенина многократно возрастает в нейрональных и не нейрональных популяциях клеток спинного мозга, в особенности их ядер. Такое усиление экспрессии нейрогенина в целом согласуется с повышенной нейрогенной продукцией спинного мозга и способствует эффективному нейрогенезу.

1. Pushchina E. V., Kapustyanov I. A., Kluka G. G. Adult neurogenesis of teleost fish determines high neuronal plasticity and regeneration/ // Molecular sciences. 2024. Vol.25. P. 36–58.

2. Lyons, D. A., Talbot W. S. Glial cell development and function in zebrafish // Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2014. Vol. 7, a020586.

3. Zupanc G.K. Adult neurogenesis in the central nervous system of teleost fish: from stem cells to function and evolution // Journal of Experimental Biology. - 2021. -Vol. 224, jeb226357.

РЕНО-ПЕРИКАРДИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОРГАНОВ ГЛУБОКОВОДНОГО КИШЕЧНОДЫШАЩЕГО *QUATUORALISIA MALAKHOVI* (HEMICHOORDATA, ENTEROPNEUSTA)

Лукиных А.И., Ежова О.В., Малахов В.В.

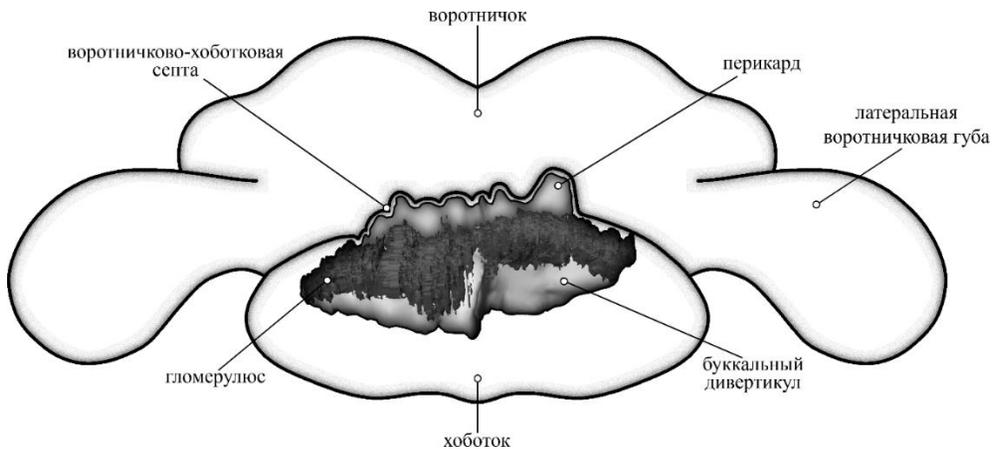
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва,
lukinyh.anastasiya@yandex.ru

Рено-перикардиальный, или осевой комплекс органов – это синапоморфия клады Ambulacraria, в состав которой входят типы Echinodermata и Hemichordata. У представителей обоих типов осевой комплекс представляет собой почку и служит центральной жизнеобеспечивающей структурой организма [1]. Главными составляющими осевого комплекса являются левый и правый протоцели (осевой и перикардиальный целомеры у иглокожих или хоботковый и перикардиальный целомеры у полухордовых) и залегающая между их целотелиями сеть кровеносных капилляров, где происходит ультрафильтрация (осевой орган у иглокожих или гломерулюс у полухордовых). Экскреция продуктов обмена веществ, выделенных при ультрафильтрации, осуществляется через целомодукт левого протоцеля. Ряд ассоциированных с осевым комплексом структур различается у иглокожих и полухордовых, например, опорные элементы комплекса. У иглокожих жёстким стержнем, поддерживающим сеть кровеносных капилляров, является каменистый канал, а у полухордовых осевой комплекс опирается на буккальный дивертикул (стомохорд) и непарный скелетный элемент стебелька. У полухордовых кишечнодышащих (Enteropneusta) имеется хорошо выраженное сердце, толкающее кровь в сосуды гломерулюса, тогда как у иглокожих сердце хотя и описано для некоторых представителей, тем не менее оно незначительно, а пульсаторную функцию выполняют сосуды осевого органа.

В 2005 году было описано новое семейство кишечнодышащих полухордовых – Torquaratoridae, представители которого обитают на батинальных и абиссальных глубинах и, в отличие от мелководных роющих кишечнодышащих, ведут эпибентосный образ жизни [2]. В морфологии Torquaratoridae по мере их изучения обнаруживаются всё новые и новые отличия от остальных кишечнодышащих. Оказалось, что и в строении рено-перикардиального комплекса торквараторид имеются существенные различия по сравнению с мелководными Enteropneusta. У большинства торквараторид не обнаружены перикардиальный целом и сердце. Гломерулюс выражен слабо либо отсутствует вовсе. Нам удалось детально исследовать и реконструировать строение рено-перикардиального комплекса торквараториды *Quatuoralisia malakhovi* Ezhova et Lukinykh, 2022, обитающей в Беринговом море [3].

Рено-перикардиальный комплекс органов *Q. malakhovi* включает обширный хоботковый целом, небольшой перикардиальный целом, хорошо развитый гломерулюс, а также выраженный буккальный дивертикул, который

служит опорой для гломерулюса и перикарда. Буккальный дивертикул у изученных особей *Q. malakhovi* представляет собой короткую (800 мкм), но широкую (до 3 мм) "подушку", заполненную светлыми вакуолизированными клетками. Буккальный дивертикул лежит в самой проксимальной части хоботка, на вентральной стороне, и его задняя стенка является передней стенкой глотки. Стебелёк между хоботом и воротничком у *Q. malakhovi* отсутствует, и вместо непарного стебелькового скелетного элемента обнаруживаются две симметричные скелетные пластинки слева и справа от буккального дивертикула. На дорсальной стороне буккального дивертикула лежит перикардиальный целом. Он представляет собой небольшой замкнутый целомический мешочек, вытянутый перпендикулярно передне-задней оси животного (рис.). Если вентральная стенка перикарда покоится на буккальном дивертикуле, то его задняя стенка прилегает к воротничково-хоботковой септе, т.е. к перегородке между хоботком и воротничком. Целотелий перикарда представлен эпителиально-мышечными клетками. Кпереди от перикарда буккальный дивертикул охвачен сетью кровеносных капилляров гломерулюса, проходящих между многочисленными мелкими целомическими трубочками, которые формируют хоботковый и перикардиальный целомы. Буккальный дивертикул и лежащие на нём перикард и гломерулюс находятся в полости хоботкового целома. Мы не обнаружили у *Q. malakhovi* никаких признаков хоботкового целомодукта, поэтому остаётся загадкой, как именно продукты обмена веществ, выделяющиеся в хоботковый целом в ходе ультрафильтрации в гломерулюсе, экскретируются затем во внешнюю среду.



Трёхмерная реконструкция осевого комплекса органов *Quatuoralisia malakhovi* (вид спереди).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-14-00047.

1. Ezhova, O.V., Malakhov, V.V., The axial complex of echinoderms represents the kidney and is homologous to the hemichordate heart-kidney //

Paleontological Journal. 2021. Vol. 55(9). P. 1029-1038.
<https://doi.org/10.1134/S0031030121090033>

2. Holland, N.D., Clague, D.A., Gordon, D.P., et al. ‘Lophenteropneust’ hypothesis refuted by collection and photos of new deep- sea hemichordates // Nature. 2005. Vol. 434. P. 374–376. <https://doi.org/10.1038/nature03382>.

3. Ezhova, O.V., Lukinykh, A.I., Galkin, S.V., et al./ Deep-sea acorn worms (Enteropneusta) from the Bering Sea with the description of a new genus and a new species of Torquaratoridae dominating soft-bottom communities // Deep Sea Research, Part II. 2022. Vol. 195. P. 105014. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2021.105014>

ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ МАНГРОВ И ПЕРИ-МАНГРОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРОВИНЦИИ КЪЕНЗЯНГ (ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ)

Лутаенко К.А.¹, Прозорова Л.А.², Нго К.С. (Quang Xuan Ngo)³, Богатов В.В.²

¹*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО РАН, г. Владивосток, ivanov@mail.ru*

²*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии" ДВО РАН, г. Владивосток, prozorova@biosoil.ru*

³*Институт тропической биологии ВАНТ, г. Хошимин, Вьетнам*

Значение мангровых и пери-мангровых экосистем невозможно переоценить, поскольку они обеспечивают различные условия обитания для многочисленных животных, что приводит к высокому уровню биоразнообразия и продуктивности, и используются местным населением в качестве важного источника пищи. За последние десятилетия мангровые леса претерпели существенную деградацию из-за антропогенных изменений, изменения климата и нарушения окружающей среды, включая район Южно-Китайского моря и Вьетнама. Площадь мангровых лесов во Вьетнаме оценивается примерно в 200.000 га, и более 60 % из них расположены в прибрежной зоне южного Вьетнама; они были сильно опустошены во время войны в 1950–1970-х гг. [Thanh, 1995]. В последние годы из-за быстрого роста населения и чрезмерной аквакультурной деятельности мангровые заросли были серьезно подорваны, поэтому площадь мангровых зарослей в дельте реки Меконг быстро сократилась с 250.000 га в 1950 г. до 72.000 га в 1995 г. [Thanh, 2006]. «Пери-мангровые» участки относятся к окружающим или смежным областям мангровых экосистем. Они могут включать переходные зоны или области, где влияние мангровых лесов простирается за пределы непосредственной границы леса. Примангровая зона может находиться под влиянием мангровой экосистемы, но она также может иметь свои собственные уникальные характеристики, на которые влияет деятельность человека или другие факторы окружающей среды.

Мангровые моллюски во Вьетнаме, их экология, ассоциации и таксономия по-прежнему мало изучены, хотя в последнее время российские малакологи предприняли значительные усилия по изучению фауны моллюсков мангров [Zvonareva et al., 2015; Zvonareva, Kantor, 2016; и др.], однако эти работы касаются преимущественно брюхоногих моллюсков и охватывают только южно-центральный Вьетнам (провинция Кханьхоа). Предыдущие данные о вьетнамских мангровых моллюсках относятся к приливно-отливным отмелям вдоль северного побережья от провинции Куангнинь до провинции Ниньбинь и указывают на наличие 70 видов брюхоногих моллюсков, 94 – двустворчатых моллюсков и 5 – хитонов [Hong, San 1993], однако многие названия видов устарели и не основаны на ваучерных коллекциях.

Нами были изучены мангры и пери-мангровые области (солончатые эстуарии, озера, марши, иные водоемы) в апреле–мае 2017 г. в провинции

Кьензянг (Kiên Giang) в дельте Меконга (Вьетнам), в 4 крупных районах (KG1–4): озеро Ба Тай (Ba Tai Lake), небольшая река возле Ха Тьен (Ha Tien), река Кай Лон (Cai Long River), морской парк Бай Дуон (Bai Duong Sea Park) (см. рис.). Материал был собран на 7 станциях и включал как живых моллюсков, так и пустые раковины; всего обработано около 110 экз. моллюсков. Исследование по своему характеру представляло “rapid survey”, однако учитывая слабую изученность малакофауны региона, имеет важное значение для ее понимания.

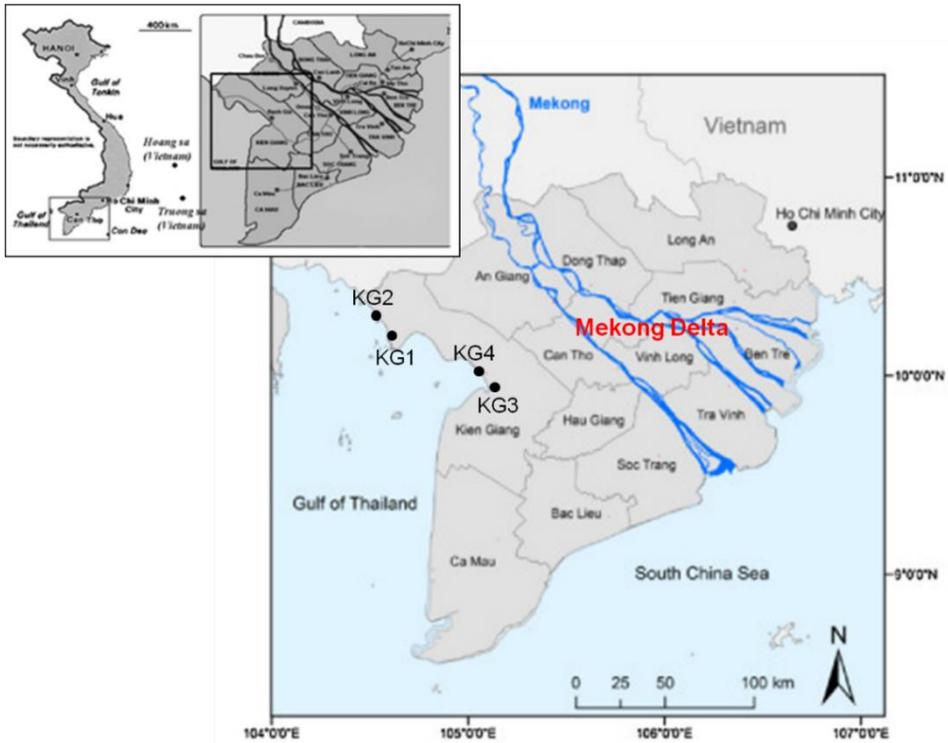


Рисунок. Карта сбора мангровых и перимангровых моллюсков в южном Вьетнаме (провинция Кьензянг) в 2017 г.

В собранной коллекции присутствуют виды из 13 семейств двустворчатых моллюсков: Arcidae, Mytilidae, Pteriidae, Ostreidae, Anomiidae, Spondylidae, Cardiidae, Chamidae, Cyrenidae, Tellinidae, Veneridae, Dreissenidae, Ungulinidae. Всего было обнаружено 32 вида.

Среди них 12 видов были зарегистрированы как живые особи (*Trisidos semitorta*, *Anadara granosa*, *Anadara ferruginea*, *Arcuatula arcuatula*, *Septifer bilocularis*, *Septifer* sp., *Crassostrea* sp., *Chama* sp., *Meretrix lyrata*, *Mytilopsis adamsi*, *Geloina bengalensis*, *Geloina* sp.), а остальные как пустые раковины из танатоценозов моллюсков в мангровых зарослях и окружающих суб-обстановках. Большинство собранных видов двустворчатых моллюсков

известны из Вьетнама по литературным данным, но два вида являются новыми для этой фауны этой страны: *J. philippinarum* и *M. sallei*.

Инвазивная карибская ложная мидия *Mytilopsis sallei* (Dreissenidae), расселившаяся в Азии в XX и XXI веках, была обнаружена в солоноватом озере Ба Тай [Lutaenko et al., 2019]. Колонии этого вида были прикреплены к камням на илистом дне на глубине 0.3–0.7 м при солености 15–20‰ и температуре воды до 35–40°C. *M. sallei* не была зарегистрирована в провинции Байльеу (дельта Меконга), в мангровых зарослях дельты Красной реки и архипелага Кондао во время недавних исследований (2017–2019 гг.) и не известна в региональной литературе; ближайшие местонахождения — южный Таиланд и остров Хайнань.

Проведенное фаунистическое исследование в сравнительно ограниченном по площади районе выявило около 30% видов от числа известных в манграх Вьетнама двустворчатых моллюсков и впервые указало на достаточно высокое биоразнообразие в этом регионе. Эта работа важна на фоне происходящей деградации мангровых лесов и документации состава малакофауны южного Вьетнама.

TETRODOTOXIN-CONTAINING RIBBON WORMS *CEPHALOTHRIX SIMULA* (NEMERTEA, PALAEONEMERTEA) AND ITS POTENTIAL TOXIC PRESSURE ON MARINE ECOSYSTEMS

Malykin G.V., Velansky, P.V., Magarlamov T.Yu.

*A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS,
Vladivostok, grinch95vl@mail.ru*

Tetrodotoxin (TTX) is a low molecular weight guanidine neurotoxin, that having 26 known analogues and found among various marine animals. Some of marine animal species are able to accumulate TTX in high concentrations: for example, puffer fish, blue-ringed octopuses and the ribbon worms (Nemertea) *Cephalothrix simula*. To date, it has been reliably confirmed that TTX is capable of being produced by bacteria, and is also capable of accumulating along food chains in animals at the top of the food chain. However, such studies on the transmission of TTX from one animal species to another are few and have been performed mainly on puffer fishes. In the recent years, the contamination of molluscs, especially bivalves commercially valuable species, with TTX has attracted increased interest from researchers. Free-living and symbiotic strains of TTX-producing bacteria, as well as phytoplankton, are considered as a possible source of toxin for these aquatic organisms. However, there is still no convincing evidence that microorganisms are the source of the toxin for bivalves: bacteria produce only trace amounts of the toxin, and no direct evidence of TTX synthesis by microalgae has been identified to date, so the search for an alternative source of TTX for bivalves continues. It has been suggested that filter-feeding mollusks may accumulate toxin during the spawning periods of other toxic aquatic organisms that emit TTX-containing reproductive products; for example, ribbon worms species complex *Cephalothrix simula*, including *Cephalothrix simula*, *Cephalothrix cf. simula* and *Cephalothrix mokievskii*. In the present study, using high-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS) we for the first time showed, that mature females of *Cephalothrix simula* species complex contains TTX basically in the eggs, but not in other tissues, and we assume that the TTX-containing eggs of nemerteans, as well as larvae hatched from them, can toxify bivalves in the breeding sites of this species, distributed in the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk. This study for the first time shows that the female nemerteans of *C. mokievskii* release significant amounts of only two toxins: TTX and 5,6,11-trideoxyTTX during spawning and can be a potential source of these toxins in marine ecosystems. The data obtained is of interest from the point of view of biosafety and opens the perspectives regarding the investigating of TTXs transfer from the eggs of nemerteans from the *C. simula* species complex to commercial bivalves in the artificial toxification experiments. Further research may also focus on culturing toxic nemerteans under artificial conditions for the purpose of regular spawning for TTX extraction for biomedical needs.

ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА РЫБ БУХТЫ АЛЕКСЕЕВА ОСТРОВА ПОПОВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В ЛЕТНЕ–ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2024 ГОДА

Маркевич А.И.¹, Зимин П.С.², Фищенко В.К.²

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,

г. Владивосток, alexmarkfish@mail.ru

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, petr_zimin_poi92@mail.ru, fischenko@poi.dvo.ru

Долговременный мониторинг ихтиофауны в небольших прибрежных морских бухтах дает возможность оперативно отслеживать изменения в видовом составе и численности рыб. Особенно актуальны такие работы в настоящее время, при глобальных климатических перестройках. Ихтиофаунистические работы в б. Алексева были проведены в 1968–1971 гг. Г.Н. Воловой с соавторами (1980). В.Е. Гомелюк с соавторами [1] изучили рыб бухты в 1979–1985 гг., отметив негативное влияние на аборигенную ихтиофауну плантации подвесных садков для выращивания приморского гребешка.

Цель нашей работы состояла в ежедневном мониторинге видового состава рыб б. Алексева с 15 мая по ноябрь 2024 г. Рыб регистрировали с помощью системы долговременного подводного видеонаблюдения (СДПВ), разработанной в ТОИ ДВО РАН. Устройство её и результаты наблюдений ихтиофауны в 2013 г. описаны нами ранее [2]. В СДПВ установлена сетевая видекамера IP HQSAM 8 мп (2560×1920, 10 кадр/с) и 2 светодиодных светильника. Камера направлена на участок дна на глубине 3.0 м с установленными в поле зрения двумя кухтылями с прикрепленными *Crenomytilus grayanus*, *Actinia equina* и другими организмами обрастаний. Площадь обзора видекамеры составляла от 0.75 м² (1×0.75 м) до 3 м² (2×1.5 м). При работе было просмотрено 113582 фотокадра из суточных видеозаписей и 30 видеофрагментов.

Всего идентифицирован 41 вид рыб. В мае постоянно регистрировали группы из 2–4 особей *Gymnogobius heptacanthus*, *Hypoptychus dybowskii* и молоди *Eleginus gracilis*, а также одиночные *Hypomesus japonicus*, *Liparis* sp., *Hemitripterus villosus*, *Myoxocephalus stelleri*, *Pseudopleuronectes yokohamae*. *Pholis crassispinia*, *Syngnathus schlegeli*, *Alectrias* sp. одиночно и эпизодически появлялись у СДПВ в течение всего периода наблюдения, взрослые *Opisthocentrus ocellatus* и *O. zonope* держались группами по 3–5 рыб. С 23 мая и по 18 июня в течение дня постоянно отмечали 4–10 взрослых *Pleurogrammus azonus*. В течение июня этот видовой состав сохранился, к нему добавились эпизодически появлявшиеся *Pallasina barbata*, *Argyrocottus zanderi*, *Rhodymenichthys dolychogaster*, *Salangichthys microdon*.

С 4 июня до 3 июля в течение и дня, и ночи у СДПВ кормились скапливающимися здесь в массе мизидами до 8 экз. взрослых *E. gracilis*, до 20 экз. её молоди встречались до конца июля. В начале июня появились смешанные группы до 30–40 экз. молоди *Opisthocentrus* sp., которые днем кормились мизидами, отмечена молодь *Arctoscopus japonicus*. В конце июня у СДПВ появилось несколько особей молоди и взрослых *Sebastes schlegelii* и *S. taczanowskii*, которые оставались здесь до ноября. В последние дни июня начали одиночно встречаться *Engraulis japonicus* и *Cololabis saira*. Ночью 1 июля отмечен подход большой стаи *E. japonicus*, позже рыбы встречались единично ночью до середины октября, как и *Hyporhaphus sajori*. С 17 июля только ночью начала встречаться *Scomber japonicus* (до 30–40 экз. в августе), держались здесь они до середины октября, как и появившаяся 21 июля *Seriola lalandi*, отмечена и редкая *S. dumerili*. Днем в июле–октябре у СДПВ оставались взрослые *Opisthocentrus* sp., *S. schlegelii*, *G. heptacanthus*, изредка встречались *Chirolophis saitonis*, *Hexagrammos octogrammus* и *Bero elegans*. В августе и сентябре эпизодично, обычно ночью, подходили по 2–4 экз. *Planiliza haematocheilus*. В ноябре видовой состав рыб стал похож на майский, с *H. dybowskii*, *H. japonicus*, *E. gracilis* и *Chirolophis japonicus*.

Видовой состав и плотность рыб у СДПВ заметно больше этих показателей в прол. Старка о–ва Попова [3]. Там зарегистрировано 23 вида, максимальная плотность рыб составила 1.1 экз/м², что несравнимо меньше 15 экз/м², когда у СДПВ были стаи *E. gracilis*, *Sc. japonicus* или молоди *Opisthocentrus* sp. Это вполне объясняется наиболее комфортными условиями для рыб: для части рыб сообщество обрастателей является удобным убежищем или местом охоты, для других – местом концентрации большого количества кормовых объектов, собирающихся на свет. Сезонная смена видового состава рыб в обоих местообитаниях сходна. Длительное нахождение летом *Sc. japonicus* и *Se. quinqueradiata* свидетельствует об интенсивном подходе теплолюбивых рыб в 2024 г. Отмечены рыбы, ранее не зарегистрированные в б. Алексева: дальневосточный сарган *Strongylura anastomella* (Belontiidae) и японский морской конёк *Hippocampus mohnikae* (Syngnathidae) (рисунок). Общий список рыб бухты достиг 62.



Японский морской конек *Nipposatyrus japonicus*, зарегистрированный системой видеонаблюдения 6 октября 2024 г. в бухте Алексеева.
Выражаем глубокую благодарность А.А. Кепелю (ННЦМБ ДВО РАН) за помощь в редактировании рисунка.

1. Гомелюк В.Е., Кондрашев С.Л., Левин А.В. Ихтиофауна бухты Алексеева острова Попова (залив Петра Великого, Японское море) и влияние на нее культивирования приморского гребешка // Биология шельфовых и проходных рыб. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 1990. С. 5–9.
2. Маркевич А.И., Суботэ А.Е., Зимин П.С., Фищенко В.К. Первый опыт использования системы долговременного подводного видеонаблюдения для биологического мониторинга в заливе Петра Великого (Японское море) // Вест. ДВО РАН. 2015. № 1. С. 86–91.
3. Маркевич А.И. Сезонное распределение рыб в прибрежных зарослях донной растительности с преобладанием *Zostera marina* и *Ulva fenestrata* в проливе Старка (залив Петра Великого, Японское море) // Вопр. ихтиологии. 2024. Т. 64. № 4. С. 412–424.

ПЕЛАГИЗАЦИЯ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ КОРАЛЛОВЫХ РИФОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

*Мельников В.*¹, Лонг Ван Нгуен², Чудиновских Е.¹, Силаков М.¹*

¹*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, Россия, 299001;*

²*Институт океанографии Вьетнамской академии наук и технологий (ВАСТ),
г. Нячанг, Кханьхоа, Вьетнам*

Результаты исследования, проведенного в ходе VIII Российско-Вьетнамской экспедиции на НИС «Академик Опарин», выявили четкую пространственную структурированность планктонных сообществ, соответствующую известным закономерностям для атолловых экосистем Индо-Тихоокеанского региона. Метод главных компонент показал, что градиент «прибрежные–океанические станции» (PC1, 48.9% дисперсии) согласуется с классической моделью распределения зоопланктона в рифовых системах, где в рифах преобладают фильтраторы (Copepoda), а на внешних склонах – хищные формы (Chaetognata). Однако в нашем исследовании сообщества открытого моря демонстрируют более выраженную гетерогенность (PC1 std 0.34), что, вероятно, связано с региональными особенностями циркуляции вод вокруг рифов.

Высокая численность мизид (17 экз/м³) в переходной зоне (ст. 7) от прибрежных рифов к более мористым подтверждает гипотезу о ключевой роли рифовых проходов как зон накопления бентопелагических видов [1]. При этом обнаруженный максимум личинок рыб (6 экз/м³) в этой же зоне может объясняться сезонными особенностями нереста, влиянием мезомасштабных вихрей, переносящих личинок, либо снижением хищнического пресса из-за избирательного вылова. Особый интерес представляет пространственное разделение стадий развития рыб, что может указывать на стратегию «двухстадийного расселения», аналогичную описанной для некоторых коралловых видов.

Максимумы биоразнообразия в переходных зонах (DMg=2.72 на ст. 7) согласуются с теорией промежуточных нарушений [2], что может быть обусловлено уникальной гидродинамикой района, включающей влияние речного стока (Меконг) и приливно-отливных течений, создающих мозаику условий. Наиболее наглядно это проявляется при сравнении ст. 7 (DMg=2.72) и ст. 18 (DMg=1.71), расположенной в зоне заповедника напротив устья реки Меконг: почти двукратная разница в индексе при обратном соотношении общей численности (51 против 107 экз/м³) подчеркивает контраст между сбалансированными и доминант-контролируемыми сообществами.

Полученные данные указывают на тревожные тенденции, возможно, связанные с деградацией коралловых рифов Вьетнама. Высокая численность фильтраторов (Copepoda до 79 экз/м³) и хищников (Chaetognata до 25 экз/м³) свидетельствует о смещении трофической структуры в сторону планктонной системы, характерной для нарушенных рифов. Низкое биоразнообразие

(DMg=0–2.72) и отсутствие в пробах типичных для здоровых рифов крупных планктонных организмов (аппендикулярии, сальпы) косвенно подтверждают эту гипотезу. Интенсивное рыболовство привело к резкому снижению количества рыб, выедающих планктонных хищников пелагиали открытого океана (например, Chaetognata). Сравнение с данными по подводным поднятиям у берегов Малайзии выявило следующие особенности южно-вьетнамских рифов: повышенная доля хищных форм (Chaetognata до 25 экз/м³), сниженное разнообразие планктонных личинок (например, моллюсков), аномальное распределение ихтиопланктона (максимумы на ст. 7 – 6 экз/м³ и ст. 20 – 5 экз/м³), отличающееся от типичных для ненарушенных рифов паттернов.

Крайне низкое биоразнообразие на станциях открытого моря (DMg=0 на ст. 17, 19) может быть следствием накопления загрязняющих веществ, последствий донных тралений или гидрологической изоляции. Аномально высокие значения PC1 в районе заповедника Con Dao связаны с влиянием наземного стока на питание и обилие зоопланктона.

На основании полученных результатов можно предположить двухфазный процесс деградации подводных рифов под комплексным антропогенным воздействием:

(1) начальная дестабилизация – снижение биоразнообразия, нарушение симбиотических связей, ослабление структуры рифов из-за локальных факторов (перелов, загрязнение, физические повреждения); (2) системный коллапс – необратимая деградация из-за сочетания локальных и глобальных факторов (потепление, закисление, селевые потоки, болезни и появление хищников, уничтожающих кораллы), приводящая к смене доминирующих видов, массовому разрушению и обесцвечиванию кораллов и потере экосистемных функций.

Особая уязвимость вьетнамских рифов связана с интенсивными придонными тралениями, близостью к судоходным путям и влиянием стока Меконга (сели). Полученные результаты подчеркивают необходимость разработки специальных мер охраны, учитывающих уникальную гидродинамику и трофическую структуру подводных рифовых систем этого региона.

Работы выполнены в рамках Государственного задания ФИЦ ИнБЮМ РАН «Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к экстремальным экотопам Черного и Азовского морей и других вод Мирового океана» (№ 124030100137-6) и «Marine biodiversity in the emerging and submerged banks, offshore islands, and deep-sea waters in South Vietnam» (Project code: QTRU02.03/23-24) Вьетнамской Академии наук и Технологии (VAST).

1. Yahel R., Yahel G., Genin A. Near-bottom depletion of zooplankton over coral reefs: I: Diurnal dynamics and size distribution // Coral Reefs. 2005. Vol. 24. № 1. P. 75–85.
2. Connell J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs // Science. 1978. Vol. 199 (4335). P. 1302–1310.

**ASSESSING THE DIET OF A HIGHLY TOXIC RIBBON WORM
CEPHALOTHRIX CF. SIMULA (NEMERTEA: PALAEONEMERTEA)
USING A DNA METABARCODING APPROACH**

Melnikova D.I., Chernyshev A.V., Magarlamov T.Yu.

*A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS,
Vladivostok, dashkamelnikova93@gmail.com*

Nemertea is a phylum of predominantly predatory worms that feed on a variety of invertebrates and greatly influence the structure of benthic food webs. Many nemertean species possess various protein, peptide, and/or low molecular weight toxins, which provide effective hunting and protective strategies despite the relatively simple morphological organization of worms. Almost all studies on the diets of nemerteans have been conducted either through morphological identification of partially digested prey found in the intestines, or via feeding experiments in the laboratory. Thus, the diet of many species in this animal group remains poorly understood in their natural habitats. In the current study, we examined the diet of the highly toxic nemertean *Cephalothrix cf. simula*, notable for its high concentrations of tetrodotoxin—comparable to those found in pufferfish and blue-ringed octopuses.

The diet of *C. cf. simula* collected at Spokoynaya Bay (42.7090° N, 133.1809° E), Sea of Japan, Russia, was investigated using an 18S rDNA V9 metabarcoding approach. Sequencing was performed on an Illumina NovaSeq 6000 platform using the paired-end 250-bp mode at Novogene Genomics Service (Novogene Co., Ltd., UK). Bioinformatics processing and taxonomic assignment of diet items sequences were conducted using the Quantitative Insights into Microbial Ecology toolkit (QIIME) 2 version 2019.7.

We successfully sequenced 31 gut samples of *C. cf. simula* and generated 4.9 million reads. Overall, *C. cf. simula* has a diverse diet comprising polychaetes, crustaceans, hoplonemerteans, and flatworms. Polychaetes – specifically nereids and syllids – and planktonic copepods from the order Calanoida form the basis of the *C. cf. simula* diet. Planktonic crustaceans in the diet of benthic nemerteans are revealed for the first time. The results are presented in the table.

Cephalothrix cf. simula diet composition

Phylum	Class	Order	Lowest Taxonomic Group	FOO%*
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	100
			Syllidae	100
			Phyllodocidae	29
		Terebellida	Terebellidae	45
			Polygordiidae	16
Nemertea	Hoplonemertea	Monostilifera	<i>Oerstedia</i>	13
			<i>Tetrastemma</i>	26
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	<i>Oithona</i>	3
		Calanoida	<i>Paracalanus</i>	93
			Calanidae	74
			<i>Centropages</i>	6
	Harpacticoida	Harpacticoida	26	
	Malacostraca	Amphipoda	Pontogeneiidae	3
Platyhelminthes	Rhabditophora	Polycladida	Polycladida	3
			<i>Stylochus</i>	10

*Frequency of occurrence (FOO%) refers to the percentage of samples in the diet dataset in which a given taxon is present.

НЕКОТОРЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЕФАЛЕЙ РОДА *LIZA* КАСПИЙСКОГО И КРАСНОГО МОРЕЙ

Можарова А.В.¹, Крючков В.Н.²

¹ Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина, г. Астрахань, a.mozharova@astvsuwt.ru

² Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, kvn394@rambler.ru

Кефали-лизы (род *Liza*) – крупнейший из 18 известных родов рыб семейства кефалевых Mugilidae. Кефалей рода *Liza* можно встретить в тихоокеанском бассейне, в азово-черноморском бассейне обитают три вида этого рода (сингиль *Liza (Chelon) auratus*, остронос *L. salien* и лобан *L. cephalus*). Сингиль и остронос в 30-х годах прошлого века были успешно акклиматизированы в Каспийском море, образовав промысловые популяции.

Целью представленной работы было сравнение кефалей рода *Liza* по морфофизиологическим показателям из морей с различными экологическими условиями. Рыбу для анализа отбирали в разные годы как из промысловых, так и из исследовательских уловов. В Каспийском море лов производился вдоль береговой линии от Кизлярского залива до г. Дербента. В Красном море полосатую крупночешуйную кефаль *Liza macrolepis* (Smith, 1846) отлавливали в прибрежной зоне. Индексы органов рассчитывали как отношение массы органа к массе тела без внутренностей. Пробы жабр фиксировали в растворе Буэна. Изготавливали гистологические препараты по общепринятым методам, срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилин-эозином. Анализ микропрепаратов осуществляли на микроскопе «Olympus BH-2».

Масса печени является важным морфофизиологическим индикатором. Размеры органа могут существенно изменяться в зависимости от возраста, сезона года, образа жизни, а также от физиологического состояния рыбы. Показано, что по мере роста кефали происходит закономерное увеличение массы печени относительно массы тела. Так, у крупночешуйной кефали массой 100–120 г индекс печени составляет $15.1 \pm 1.3\%$ при колебании значений от 11.5 до 17.6%, а у рыб массой свыше 150 г значение индекса печени составляет уже $21.0 \pm 1.9\%$ (максимум 26.4%). Был отмечен половой диморфизм по признаку «гепато-соматический индекс», причем с увеличением массы рыб разница между самцами и самками возрастает. Полагаем, что это связано с потребностью самок в активном белковом синтезе при созревании ооцитов. Что касается сезонной динамики, то здесь мы можем наблюдать различия, зависящие скорее всего от географии водоёма. Какой-либо ярко выраженной сезонности индекса печени у кефали в Красном море мы не обнаружили. Что касается Каспийских видов, то сезонная динамика индекса печени выражена довольно ярко и у сингиля, и у остроноса.

Сердечно-соматический индекс (ССИ) можно рассматривать в первую очередь как показатель двигательной активности рыб. У крупночешуйной кефали ССИ изменялся в довольно широких пределах (2.9 до 9.6‰), средние значения по возрастным группам различались между собой незначительно и недостоверно. ССИ можно рассматривать в первую очередь как показатель двигательной активности рыб. У крупночешуйной кефали ССИ изменялся в довольно широких пределах (2.9 до 9.6‰), хотя средние значения по возрастным группам различались между собой незначительно и недостоверно. Значения ССИ у каспийских кефалей существенно ниже, так среднее значение ССИ у сингиля было $1.94 \pm 0.12\%$.

Жабры рыб – орган, постоянно контактирующей с внешней средой. В их эпителии осуществляются процессы дыхания, поддержания осмотического и кислотного балансов, обмен ионов. Через них же удаляются продукты метаболизма. Многообразие функций определило сложное строение органа. Относительная масса жабр исследованных рыб различалась. Наибольшее значение индекса жабр было у каспийских кефалей (в среднем $3.56 \pm 1.25\%$), у крупночешуйной кефали индекс жабр был в среднем $3.07 \pm 0.94\%$. У большинства рыб жабры имели нормальную морфологическую структуру. Строение жабр в свое время было подробно изучено [1], при этом показано, что у всех костистых рыб жабры имеют единый план строения. Поэтому нет необходимости останавливаться на подробном описании жабр. Отметим только, что как первичные, так и вторичные ламеллы имели типичное строение, эпителиальные структуры не были нарушены, эпителий жабр четко подразделялся на афферентную и эфферентную зоны.

К одной из распространенных форм патологии жабр следует отнести увеличение количества клеточных элементов (гиперплазия) как в первичном, так и во вторичном эпителиях. Начальные стадии гиперплазии отмечали преимущественно в основании ламелл, когда делящиеся клетки заполняли межламеллярное пространство, что приводило к уменьшению респираторной поверхности. Гиперплазия вторичного эпителия возникала на разных уровнях ламелл, располагаясь между участками жабр, где эпителий не имел никаких признаков пролиферации. Увеличение общего числа клеток в эпителии филамента часто рассматривается как обязательный компонент ответной реакции на токсические воздействия различной природы [3]. Результаты морфометрии жабр показали, что у рыб Каспийского моря межламеллярное расстояние было достоверно меньше, по сравнению с кефальями Красного моря ($P < 0.05$), главным образом в связи с утолщением респираторного эпителия за счет гиперплазии клеточных элементов. Морфологические изменения в жабрах сопровождалось расстройствами кровообращения в виде расширения капилляров, стаза, в отдельных случаях образованием тромбов.

В целом можно отметить, что, вероятно, токсические вещества вносят свой вклад в развитие различных патологических состояний жабр. Как отмечается в публикации [2], «в экстремальных условиях загрязнения

включаются общебиологические механизмы реагирования на стрессовую ситуацию. Когда изменения выходят за рамки адаптационных возможностей вида, развиваются патологии и дисфункции». Гипертрофия, усиление функциональной активности и увеличение общего числа клеток в эпителии филламента – обязательный компонент ответной реакции на токсические воздействия различной природы.

Работа выполнена в инициативном порядке.

1. Матей В.Е. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб // Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука. 1990. С. 104–136.

2. Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука. 1990. 220 с.

3. Engelhardt F.R., Wong M.P., Duey M.E. Hydromineral balance and gill morphology in rainbow trout *Salmo gairdneri*, acclimated to fresh and sea water as affected by petroleum exposure // Aquat. Toxicol. 1981. Vol. 1. P. 175–186.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ

Мурзаева М.Ш., Козлова Е.В.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г.
Москва, murzaeva-msh@rudn.ru, kozlova-ev@rudn.ru

Литоральные и супралиторальные переходные зоны между морской и наземной средой представляют собой важнейшие элементы прибрежных экосистем, обладающие высоким микробным разнообразием и чувствительные к воздействию антропогенных стрессоров. Загрязнение нефтепродуктами, особенно тяжелыми фракциями, способно индуцировать масштабные сдвиги в составе и структуре микробных сообществ, затрагивая устойчивость экосистем [1, 2]. В условиях арктических и субарктических морей, где восстановление экосистем протекает особенно медленно, оценка подобных изменений представляет собой актуальную задачу [3].

Объектами исследования являлись участки прибрежных литоральной и супралиторальной зон Кольского залива Баренцева моря в районе города Кола (Мурманская область, Российская Федерация), подверженные длительному воздействию сточных вод, нефтепродуктов и тяжелых металлов. Ключевой участок был выбран в качестве модельной экосистемы для оценки таксономического и функционального разнообразия микробиома различных типов субстратов (почвы, песка, мелко-каменистого субстрата) на основе анализа данных секвенирования гена 16S рРНК (для бактерий) и ITS-региона (для грибов). Функциональное разнообразие было оценено с использованием баз данных FAPROTAX (для бактерий) и FunGuild (для грибов) в среде R.

Выявлено значительное различие в структуре сообществ микроорганизмов различных типов субстратов. Так, для мелко-каменистого незагрязненного субстрата выявлено доминирование филума *Proteobacteria* и субдоминирование *Actinobacteria* для бактерий (37 и 33%, соответственно) и *Basidiomycota* (62%) для грибов. Для образцов почвы филумы *Proteobacteria* и *Actinobacteria* были представлены практически в равных долях (31 и 30%), в грибном сообществе доминировал филум *Ascomycota* (63%). В песке и загрязненном мелко-каменистом субстрате произошла перестройка бактериального сообщества в сторону абсолютного доминирования *Proteobacteria* (89 и 84%, соответственно). В грибном сообществе в песке доминировал филум *Ascomycota* (63%), в загрязненном образце мелко-каменистого субстрата его доленое участие возросло до 94%.

Оценка альфа-разнообразия сообществ выявила наибольшее разнообразие, доминирование и выравненность (индексы Шеннона, Симпсона и Пиелу) в образцах почвы со значениями 3.6, 0.95, 0.7, соответственно. Минимальные значения отмечены для песка (1.3, 0.6 и 0.3) и были сравнимы с

такowymi для загрязненного мелко-каменистого субстрата (1.5, 0.6, 0.4), тогда как значения индексов альфа-разнообразия для соответствующего незагрязненного участка составляли 3, 0.9, 0.7.

Анализ функционального разнообразия продемонстрировал токсичный эффект загрязнения на группу бактерий, способных к деградации углеводов и ассоциированных с азотным циклом. Также отмечен рост доли микроорганизмов, вовлеченных в анаэробный метаболизм – темное окисление серы, сульфидов, водорода. Эти изменения отражают трансформацию кислородного режима в загрязненном субстрате. В грибном сообществе токсичный эффект был наиболее выражен для группы микоризообразующих грибов, полное отсутствие которого было отмечено в нефтезагрязненном образце.

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о структурных и функциональных трансформациях микробиома под воздействием хронического нефтезагрязнения, указывающих на нарушение экологического равновесия и снижение устойчивости экосистем. Данные результаты подчеркивают необходимость контроля и восстановления нарушенных прибрежных экосистем, а также разработки и внедрения эффективных мер по их биоремедиации и восстановлению.

1. Yakimov M.M., Timmis K.N., Golyshin P.N. Obligate oil-degrading marine bacteria // *Current Opinion in Biotechnology*. 2007. Vol. 18. № 3. P. 257–266.

2. Kostka J.E., Prakash O., Overholt W., Green S.J., Freyer G., Canion A. et al. Hydrocarbon-degrading bacteria and the bacterial community response in Gulf of Mexico beach sands impacted by the deepwater horizon oil spill // *Appl. Environ. Microbiol.* 2011. Vol. 77. № 22. P. 7962–7974.

3. Röling W.F.M., van Verseveld H.W. Natural attenuation: what does the subsurface have in store? // *Biodegradation*. 2002. Vol. 13. № 1. P. 53–64.

АНТРОПОГЕННЫЙ РАФТИНГ АКТИНИЙ В ТИХОМ ОКЕАНЕ: ПЕРВАЯ НАХОДКА АКТИНИЙ РОДА *DIADUMENE*, АССОЦИИРОВАННЫХ С ПЛАСТИКОВЫМ МУСОРОМ, В РАЙОНЕ ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА

Немцева А.К.¹, Волкова А.Л.², Даутова Т.Н.²

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
gduhshdf@gmail.com

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток

В условиях глобального антропогенного преобразования экосистем биологические инвазии чужеродных видов становятся ключевым фактором трансформации биоразнообразия. Особую актуальность приобретает расселение морских организмов через пластиковый мусор («рафтинг»), что подтверждено современными исследованиями [1]. Данная работа посвящена актиниям рода *Diadumene* Stephenson, 1920, многие из которых являются инвазивными видами, использующими плавучий пластик в качестве способа расселения.

Целью исследования является изучение популяции актиний, колонизировавших пластиковый плот, обнаруженный в районе Императорского хребта (северо-западная часть Тихого океана) и определение таксономической принадлежности найденных животных.

Материал для работы был собран в ходе 94-го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» 2021 года в район Императорского хребта (LV-94). Образцы актиний были найдены на плоту, который представляет собой рыболовную сеть.

Популяция актиний на плавучем пластиковом мусорном плоту в районе Императорского хребта исследована впервые. С использованием комплекса морфологических признаков установлена принадлежность собранных животных к виду *Diadumene leucalena*. Вид хорошо приспособлен к интродукции, так как может размножаться бесполом путем с помощью лацерации.

Актинии встречаются более чем на 70% мусорных плотов и относятся к категории видов, поддерживающих самообновляющиеся популяции. Актинии рода *Diadumene* обладают высокой инвазивной способностью в связи с большой морфологической пластичностью и способностью к бесполому размножению. Данное исследование подчеркивает роль пластикового загрязнения океана, как нового мощного фактора расселения морских организмов. Использование молекулярно-генетических методов является перспективным для систематики и таксономии актиний в связи с их высокой изменчивостью и будет одной из задач при продолжении исследований [2].

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124021900009-6.

1. Haram L.E., Carlton J.T., Centurioni L. et al. Extent and reproduction of coastal species on plastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre // *Nature Ecology & Evolution*. 2023. Vol. 7. № 5. C. 687–697.
2. Geller J.B., Walton E.D. Breaking up and getting together: evolution of symbiosis and cloning by fission in sea anemones (genus *Anthopleura*) // *Evolution*. 2001. Vol. 55. № 9. C. 1781–1794.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОД ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2021 ГОДА

Огнистая А.В., Орлова Т.Ю.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, alya_lokshina@mail.ru*

Цианобактерии являются ключевыми компонентами морских экосистем. Они не только способствуют кислородообразованию через фотосинтез, но и фиксируют атмосферный азот, обогащая воду необходимыми питательными веществами. Исследование проводилось в заливе Петра Великого, который представляет собой уникальную микробную экосистему на побережье Дальнего Востока России. Определение таксономических групп цианобактерий из вод залива проводили с акцентом на их морфологические характеристики. В исследованных районах было зарегистрировано 6 различных порядков цианобактерий. На станции отбора проб Чайка зарегистрировано наибольшее количество видов Oscillatoriales (55%) и Chroococcales (25%). В бухте Аякс найдено меньше всего видов, но при этом преобладали также Oscillatoriales (47%) и Chroococcales (40%). В прибрежной зоне Второй Речки зафиксировано 3 порядка со следующим распределением: Chroococcales (35%), Oscillatoriales (47%), Nostocales (18%). У острова Ахлэстышева большинство видов относились к Oscillatoriales (45%), что похоже на данные, собранные со станции Вторая Речка. В бухте Аякс наблюдалось наибольшее разнообразие среди Oscillatoriales, в то время как Chroococcales занимали второе место (40%). Разнообразие порядков цианобактерий варьировало по районам. В некоторых районах, таких как остров Ахлэстышева, доминировали только два порядка. Подобные исследования разнообразия порядков цианобактерий в разных районах залива Петра Великого дают ценную информацию о структурных особенностях экосистемы.

ДИВЕРГЕНЦИЯ ПАЛЕАРКТИЧЕСКИХ И НЕАРКТИЧЕСКИХ ГОЛЬЦОВ РОДА *SALVELINUS*

Олейник А.Г.

Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, alla_oleinik@mail.ru

Современное распространение голарктических видов можно в значительной степени объяснить повторяющимися колебаниями оледенения в течение четвертичного периода, которые сформировали генетическое разнообразие современных популяций через циклы сокращения и расширения ареала видов, вызывая вторичные контакты и аллопатрическую дивергенцию при фрагментации непрерывных ареалов [1]. Сходными по сложности, но в более мелком географическом масштабе, являются группы видов, имеющие общее происхождение из Берингии, где в прошлом существовал сухопутный мост, соединявший два континента. Свидетельства повторяющихся периодов изоляции и дифференциации, за которыми следовали периоды объединения и расселения, обнаружены у многих пресноводных и морских рыб из Палеарктической и Неарктической областей. В итоге, современные ареалы таких видов характеризуются сетью разорванных, часто перекрывающихся ледниковых линий.

Гольцы рода *Salvelinus* (Salmonidae) имеют современное голарктическое распространение и представляют интересную модель для исследования межконтинентальных обменов. Влияние четвертичных климатических циклов проявилось в наличии нескольких ледниковых линий гольцов, первоначально описанных на основе митохондриальной ДНК [2]. Здесь мы фокусируемся на Арктической линии, ареал которой разобщен между двумя континентами. Объединенные данные о последовательностях митохондриальных (цитохром *b*, цитохром *c* оксидаза-1 и контрольная область) и ядерных (ген гормона роста 2) маркеров использовались для проверки альтернативных гипотез о происхождении палеарктических и неарктических гольцов Арктической линии и их взаимоотношениях. Полученные результаты подтверждают общую филогенетическую гипотезу [3] как в целом, так и в отношении Арктической линии, уточняя и расширяя выводы этого исследования.

Были идентифицированы три независимые линии: Арктическая линия гольца Таранца *Salvelinus taranetzi*, Атлантическая линия арктического гольца *Salvelinus alpinus* и Берингийская линия северной мальмы *Salvelinus malma malma*. Максимальное генетическое расстояние внутри каждой линии не превышало минимального генетического расстояния между линиями. Тесное родство палеарктических и неарктических гольцов Арктической линии подтверждается на основании анализа митохондриальных и ядерных маркеров. Сигналы исторической гибридизации были обнаружены между Арктической и Атлантической линиями и внутри Арктической линии в западно-берингийской

Палеарктике. Тем не менее, полученные данные подтверждают относительно высокий уровень репродуктивной изоляции среди видов гольцов. Как показывает сеть Neighbor-Net, аллельные последовательности гена гормона роста большинства изученных особей (*S. taranetzi*, *S. boganidae*, *S. elgyticus* и *S. alpinus erythrinus*) не участвовали в гибридизации. Сигналы гибридизации в пределах Арктической линии между *S. taranetzi* и *Salvelinus* sp. 4 в Палеарктике, скорее всего, связаны с вторичным контактом во время постледниковой экспансии гольцов. Наконец, только две аллельные последовательности (*S. andriashevi* и *S. elgyticus*) демонстрируют сигналы гибридизации с *S. alpinus* из Евразии. Поскольку *S. andriashevi* и *S. elgyticus* являются эндемичными озерными гольцами, этот случай является примером гибридизации, которая не связана с современным потоком генов и произошла до первоначальной реколонизации озер. Таким образом, изолированные популяции адаптированных к холоду палеарктических гольцов могут нести следы самых ранних событий гибридизации, и секвенирование на уровне генома может помочь реконструировать последствия вторичного контакта аллопатрических ледниковых линий в более глубоких временных масштабах.

Ранее было показано, что популяции, предположительно, одной линии в Палеарктической и Неарктической областях могут либо принадлежать к одному виду, либо разделяться на два или более видов. Однако в случае *S. taranetzi* из Палеарктики и *S. alpinus erythrinus* из Неарктики молекулярно-генетические данные указывают на сходство и общее происхождение гольцов. На всех филогенетических деревьях *S. taranetzi* и *S. alpinus erythrinus* образуют общую монофилетическую кладу, демонстрируя низкую дивергенцию внутри Арктической линии. Поэтому фрагментация ареала общего предка, по-видимому, является основным фактором, определяющим дивергенцию географически изолированных палеарктических и неарктических популяций. Можно утверждать, что гольцы Арктической линии по обе стороны Берингова пролива принадлежат к одному и тому же виду.

Отвечая на поставленный вопрос, является ли *S. alpinus* (или *S. alpinus* complex) действительно политипическим видом или он состоит из нескольких видов, можно констатировать следующее. Отсутствие монофилии у *S. alpinus*, в основном, является результатом неопределенности таксономического ранга *S. taranetzi* и его связей с *S. alpinus*. Результаты филогенетического анализа продемонстрировали, что вид *S. alpinus* complex включает два вида (*S. alpinus* и *S. taranetzi*) с современными ограниченными ареалами, что является альтернативой общепринятой концепции. Сравнительный анализ дивергенции, топологии деревьев и сетей, основанных на митохондриальных и ядерных маркерах, подтвердил синонимизацию *S. taranetzi* и *S. alpinus erythrinus* sensu Benke (1984) (син. *S. alpinus stagnalis* и *S. alpinus taranetzi*). Согласно филогенетической и эволюционной концепциям вида, *S. taranetzi* и *S. alpinus* можно считать полноценными биологическими видами, поскольку они различаются по фенотипам и долгое время эволюционировали независимо.

Ледниковая линия, давшая начало гольцам высоких арктических широт, отделилась от общего предка рода в среднем плейстоцене в арктической Берингии в бассейне моря Бофорта. Поэтому *S. taranetzi* является более древним видом, чем *S. alpinus*. Дивергенцию Арктической линии связывают с океанической регрессией во время оледенений Небрасского-Канзасского периодов (400 000–700 000 лет назад). Оценка времени дивергенции между Арктической и Атлантической линиями согласуется с этой гипотезой. Таким образом, ледниковые циклы в Берингии сыграли ключевую роль в дивергенции и окончательном формировании филогенетических линий гольцов.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 1021062912510-2.

1. Hewitt G.M. The structure of biodiversity - insights from molecular phylogeography // Front. Zool. 2004. Vol. 1. P. 1–16.
2. Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A., Wilson C.C., Bernatchez L. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences // Evolution. 2001. Vol. 55. P. 573–586.
3. Oleinik A.G., Skurikhina L.A., Brykov V A. Phylogeny of charrs of the genus *Salvelinus* based on mitochondrial DNA data // Russ. J. Genet. 2015. Vol. 51. P. 55–68.

ПЕРВОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПРИСУТСТВИЯ ФИКОТОКСИНОВ У МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЧУКОТКИ

Орлова Т.Ю., Стоник И.В., Зверева А., Подоба А., Зинов А., Петрова И.Ю.
Национальный научный центр морской биологии им А.В. Жирмунского ДВО
РАН, Владивосток
torlova06@mail.ru

Фикотоксины, синтезируемые микроводорослями, представляют собой природные соединения, функционирующие как токсичные вторичные метаболиты, обеспечивающие ключевые межвидовые защитные механизмы. Известно около 100 видов морского микропланктона, способных продуцировать фиксотоксины, из которых 37 видов встречаются у восточного побережья России [1]. Токсигенные виды в основном представлены динофлагеллятами (продуценты сакситоксина - STX и окадаевой кислоты - ОА) и диатомеями (продуценты домоевой кислоты - DA). Загрязнение млекопитающих фиксотоксинами является результатом сложного баланса между доступностью пищи, адсорбцией, видоспецифичной ферментативной трансформацией и аллометрическими процессами и эти процессы практически неизвестны для арктических видов. Фиксотоксины могут причинить значительный вред при переносе на более высокие трофические уровни, включая морских млекопитающих и птиц, вызывая массовую смертность и/или неблагоприятные неврологические и желудочно-кишечные эффекты при попадании в организм в количествах, превышающих безопасные пороговые значения. Установлено, что более 40% случаев необычной смертности млекопитающих (UMEs), зарегистрированных в водах США на Аляске и в сопредельных штатах за последние 20 лет, были связаны с воздействием фиксотоксинов [2]. Фиксотоксины по-разному влияют на млекопитающих: например, STX воздействует на нервно-мышечные соединения, что может привести к снижению сенсорных функций, нарушению мышечной координации или вялости. Хроническое воздействие высоких концентраций DA может способствовать нейропатологическим нарушениям, в частности дезориентации, нескоординированным движениям и судорогам [3], а сублетальное воздействие DA - проявляться в дефиците пространственной памяти, вялости и моторных персервациях, что повышает вероятность запутывания в рыболовных сетях и столкновений с судами. Негативное воздействие диарейных токсинов на здоровье морских млекопитающих на сегодняшний день не установлено, однако ОА была обнаружена в случае UMEs дельфинов-афалин (*Tursiops truncatus*). Данные о содержании фиксотоксинов в морских млекопитающих дальневосточных морей и восточной Арктики отсутствуют.

Цель работы – измерить концентрации сакситоксина, домоевой и окадаевой кислот в биообразцах млекопитающих Чукотки.

С помощью иммуноферментного анализа измерена концентрация фикотоксинов в биообразцах серого кита *Eschrichtius robustus*, тихоокеанского моржа *Odobenus rosmarus divergens* и кольчатой нерпы *Pusa hispida*. Биообразцы от трех добытых животных были переданы охотниками товарищества п. Лорино, которые вели промысел в рамках квоты для коренных малочисленных народов Чукотки в сентябре 2023 года в районе о. Аракамчечен в Анадырском заливе. Анализ проводили с использованием тест-систем «Saxitoxin ELISA», «Domoic acid ELISA» и «Ocadaic acid ELISA» EuroProxima (Нидерланды) в соответствии с аттестованной Роспотребнадзором (Аттестат аккредитации № 0339/РОССТУ.0001.310430/2023) методикой измерения массовой доли домоевой кислоты, окадаиковой кислоты и сакситоксина в морепродуктах методом иммуноферментного анализа. Концентрация токсинов рассчитывалась на грамм сырого веса гомогенизированных тканей. Анализировались биообразцы кала, содержимого желудка, печени и почек. Всего проанализировано: морж тихоокеанский – 1 экз. (47 образцов), серый кит – 1 экз. (22 образца), нерпа – 1 экз. (55 образцов).

В результате проведенных исследований установлено одновременное присутствие нейропаралитических (домоевая кислота - DA и сакситоксин - STX) и диарейных (окадаевая кислота - OA) токсинов в биообразцах всех исследованных животных. Обнаружены различия в уровнях накопления и локализации фикотоксинов у разных видов морских млекопитающих. В исследованных образцах концентрация фикотоксинов значительно варьировала: STX - от 2,59 до 76,05 нг/г, OA - от 55,51 до 227,34 нг/г, DA - от 4,39 до 3623,67 нг/г. Максимальное содержание токсинов зарегистрировано в биообразцах тихоокеанского моржа: STX - 114,59 нг/г (кал); OA - 511,35 нг/г и DA - 9309,73 нг/г (содержимое желудка). Всего проанализировано 124 биообразца из трех видов млекопитающих.

Настоящее исследование впервые документально подтверждает трофический перенос и биоаккумуляцию фикотоксинов у млекопитающих Чукотки. Полученные данные необходимо учитывать при выяснении причин гибели морских млекопитающих, особенно в случаях, когда видимые повреждения или признаки насильственной смерти отсутствуют. Для установления вероятных причин гибели животных рекомендуется отбирать и анализировать биообразцы (кал, содержимое желудка, печень, почки) на содержание фикотоксинов. Поскольку исследовались промысловые виды, также рекомендуем включить млекопитающих в мониторинг фикотоксинов в арктических водах, наряду с моллюсками, крабоидами и рыбами.

Для выявления видов, подверженных риску продуцирования, накопления и трофического переноса токсичных метаболитов от продуцентов к высшим хищникам и человеку, необходимы дальнейшие исследования. Включая скрининг широкого спектра фикотоксинов в пищевой сети Арктики. Такой скрининг важен для оценки потенциального негативного влияния на млекопитающих и угрозы здоровью местного населения.

*Работа выполнена при поддержке гранта № 169-15-2023-002
Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей
среды и в рамках госзадания НИЦМБ ДВО РАН (№124021900009-6).*

1. Orlova T. Y., Konovalova G. V., Stonik I. V., et al. Harmful algal blooms on the eastern coast of Russia // PICES Sci. Rep.- 2002. - Vol. 23. P. 47-73.
2. Lefebvre K. A, Quakenbush L., Frame E. et al. Prevalence of algal toxins in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment // Harmful Algae -2016. – Vol. 55. P.13–24. doi: 10.1016/j.hal.2016.01.007
3. IWC (International Whaling Commission). Report of the workshop on harmful algal blooms (HABs) and associated toxins. - 2017.- BLED, Slovenia. - SC/67a/rep09.
https://www.webapps.nwfsc.noaa.gov/assets/11/9142_03012019_100314_IWC2017_SC_67A_REP_09.pdf

ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОФИТОБЕНТОСА МОРСКИХ ОХРАНЯЕМЫХ АКВАТОРИЙ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Евстигнеева И. К., Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Танковская И. Н.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.

Севастополь, tatyapankeeva@yandex.ru

Особенностью особо охраняемых природных территорий (ООПТ) города Севастополя является наличие четырех памятников природы регионального значения с прилегающими к ним морскими охраняемыми акваториями (МОА): “Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у мыса Лукулл”, “ПАК у Херсонеса Таврического”, “ПАК у мыса Фиолент” и “ПАК у мыса Сарыч”. Общая площадь акваторий этих комплексов – 391.9 га, что составляет 54.6% от всей площади МОА города. В прибрежной зоне Севастополя существенная перестройка донных биоценозов и их деградация регистрируются не только на антропогенно-преобразованных участках, но и в охраняемых акваториях. В связи с этим приобретают актуальность исследования макрофитобентоса для разработки научно обоснованных рекомендаций по оптимизации природоохранного режима МОА.

Альгологические работы проводили в летний период 2019-2024 гг. методом вертикальных гидрботанических разрезов. Отбор проб выполняли с помощью дайвера-водолаза на глубинах 0.5, 1, 3, 5, 10 и 15 м до границы распространения водорослей в четырехкратной повторности с применением учетных площадок размером 25×25 см [2]. Видовой состав макрофитобентоса определяли с помощью базового определителя А.Д. Зиновой с учетом современных таксономических ревизий [1,3]. Исследования ландшафтной структуры осуществляли на основе общих положений программы подводных ландшафтных исследований с борта маломерного судна с применением легководолазной техники.

Изучены видовой и экологический составы, а также продукционный потенциал и пространственно-временная изменчивость макрофитобентоса памятников природы. По результатам исследований составлены аннотированные списки видов с указанием их локализации. Макрофитобентос “ПАК у мыса Лукулл” включает 61 вид, 43 рода, 22 семейства, 16 порядков и 4 класса; “ПАК у Херсонеса Таврического” – 58 видов, 43 рода, 24 семейств, 17 порядков и 4 класса; “ПАК у мыса Фиолент” – 52 вида, 38 родов, 23 семейства, 16 порядков и 5 классов и “ПАК у мыса Сарыч” – 77 видов, 53 рода, 31 семейство, 19 порядков и 5 классов. Среди отделов доминируют Rhodophyta, вторую и третью позицию попеременно занимают Chlorophyta и Heterokontophyta. В ядро флоры входят *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze, *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry, *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon и *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze. Часть зарегистрированных видов имеет

природоохранный статус второй и третьей категорий. Большинство видов внесено в Красные книги Крыма (2015), г. Севастополя (2018) и Российской Федерации (2024), часть видов включена в международные охраняемые списки Black Sea Red Data List и Black Sea Red Data Book, что свидетельствует о природоохранной значимости районов исследования. Из 11 видов макроводорослей, включённых в Красную книгу г. Севастополя, 9 произрастают в границах памятников природы.

Получены сведения о продукционном потенциале макрофитобентоса и роли видов в формировании фитомассы на разных участках памятников природы. Ключевым продуцентом среди отделов является Hetekontophyta, среди видов – *E. crinita*, *G. barbata* и *Ph. crispa*, которые являются доминантами ассоциаций, господствующих в Черном море. Анализ экологического состава макрофитобентоса показал, что наибольшее развитие на охраняемой акватории получают морская, ведущая, однолетняя и олигосапробная экологические группы. Определен их флористический состав, продукционный потенциал и особенности распределения в исследованных районах.

По расчётным данным в акватории памятников природы сосредоточены значительные запасы макрофитов *E. crinita*, *G. barbata* и *Ph. crispa*, составляющие соответственно 17.3, 19.4 и 22% от общих запасов макрофитобентоса в прибрежье г. Севастополя. Наибольшие запасы макроводорослей и входящих в их состав *E. crinita* и *G. barbata* отмечены в акватории “ПАК у мыса Лукулл” (6.9 и 8.8% соответственно), а *Ph. crispa* – “ПАК у Херсонеса Таврического” (12.5% от общих запасов макрофитобентоса).

В ландшафтной структуре акватории памятников природы преобладают подводные ландшафты с доминирующими видами *E. crinita*, *G. barbata* и *Ph. crispa*. Эти ландшафты имеют преимущественно широтную протяженность вдоль береговой линии, занимают значительные площади, отличаются высокими значениями продукционных характеристик макрофитобентоса и вклада видов-доминантов. Выявлено, что различия в распределении и распространении подводных ландшафтов памятников природы обусловлены своеобразием геолого-геоморфологического строения береговой зоны, а также особенностями гидродинамического режима акватории.

На основе проведенных гидрботанических и ландшафтных исследований предложены рекомендации по оптимизации природоохранного режима и территориальной организации памятников природы, формированию экологической сети прибрежной зоны г. Севастополя. Как показали исследования, взаимодополняющее применение гидрботанического и ландшафтного подходов для совершенствования экологической сети отражает разные аспекты ее организации.

Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга пространственно-временных изменений макрофитобентоса, охраняемых видов донной растительности и контроля их состояния, а также при организации прибрежно-морского природопользования на ООПТ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ (№ гос. регистрации 124022400152-1).

1. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Москва; Ленинград: Наука, 1967. 397 с.
2. Калугина-Гутник А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М.: Наука. 1969. С. 105–113.
3. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>. (accessed 20.04. 2025).

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПИГМЕНТА У СЕМИ ВИДОВ НЕМЕРТИН ИЗ РАЗНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП

Переверзева А. О., Магарламов Т. Ю.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,

г. Владивосток, pereverzeva-sasha@mail.ru

Многие представители типа Nemertea обладают яркой окраской и большим разнообразием цветовых оттенков. Из-за малого количества внешних отличительных признаков окраска немертин часто используется как предварительная диагностическая характеристика при определении вида. Однако цвет тела червей не является видоспецифичным критерием, и схожий диапазон цветов и оттенков может наблюдаться как у видов-двойников, так и у таксономически далеких видов. Основные работы по изучению пигментации немертин проведены в период с конца XIX века по 70-е годы XX века на небольшом количестве видов. На сегодняшний день распределение пигментов в тканях немертин остается слабоизученным, что создает препятствие для понимания физиологии немертин в целом и функциональной роли их пигментов в частности.

В данной работе исследовали морфологические структуры, ответственные за формирование цвета тела у семи немертин из трех классов. Локализацию пигмента определяли на световом и ультрамикроскопическом уровнях. Гистологические данные по распределению пигмента в теле немертин приведены в таблице.

В результате анализа выяснено, что пигмент у немертин ассоциирован только с кожными покровами. У *Tubulanus punctatus* из класса Palaeonemertea пигмент локализован в ресничных клетках. У представителей класса Noplonemertea пигмент выявлен в специализированных пигментных клетках. У исследованных немертин класса Pilidiophora отмечена высокая вариативность локализации пигмента, который встречается в ресничных клетках, в пигментных клетках кутиса и в составе секрета железистых клеток. У *Kulikovia alborostrata* и *K. manchenkoi* распределение пигмента коррелирует с оттенком цвета тела. Близкородственные виды-двойники *K. manchenkoi* и *K. torqata*, несмотря на схожесть цвета тела, имеют различный паттерн распределения пигмента в тканях.

Таблица. Гистологическое распределение пигмента в теле немертин.

Класс	Вид	Основной цвет тела	Локализация пигмента
Palaeonemertea	<i>Tubulanus punctatus</i>	Варьирует от красновато-коричневого до темно-коричневого	Ресничные клетки эпидермиса
Hoplonemertea	<i>Oerstedia</i> sp.	Коричневый, однотонный	Пигментные клетки эпидермиса
	<i>Tetrastemma nigrifrons</i>	Варьирует от темно-коричневого до красновато-коричневого	Пигментные клетки эпидермиса
Pilidiophora	<i>Kulikovia alborostrata</i>	Варьирует от фиолетово-коричневого до красного	Пигментные клетки кутиса; железистые клетки эпидермиса и кутиса
	<i>Kulikovia manchenkoi</i>	Варьирует от фиолетово-красного до вишнево-красного	Пигментные клетки кутиса; железистые клетки эпидермиса и кутиса
	<i>Kulikovia torqata</i>	Варьирует от фиолетово-коричневого до красновато-коричневого	Пигментные клетки кутиса; ресничные клетки эпидермиса
	<i>Micrura bella</i>	Варьирует от красно-коричневого до фиолетово-коричневого	Пигментные клетки кутиса

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124022500262-6
 “Пластичность нервной системы в процессе онтогенеза, при действии факторов внешней среды и биологически активных соединений”

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛОТНОСТЬ КЛЕТОК И ВНУТРИКЛЕТОЧНОЕ СОДЕРЖАНИЕ САКСИТОКСИНА У ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ *ALEXANDRIUM CATENELLA* В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОЙ КУЛЬТУРЫ

Подоба А. В., Зверева А. Ю., Стоник И. В., Орлова Т. Ю.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, zvereva.sashok@gmail.com

Динофлагеллята *Alexandrium catenella*, известная как продуцент нейропаралитического токсина сакситоксина (STX) и его аналогов, вызывает явление вредоносного цветения водорослей (ВЦВ) в умеренных и арктических водах. Это явление, угрожающее здоровью людей, нередко сопровождается массовой гибелью млекопитающих и птиц и разрушением морских экосистем. Оно наносит также серьезный экономический ущерб рыболовству и аквакультуре (1). В последние годы на акватории восточной Арктики, включая побережье Чукотки и северную часть Берингова моря, регистрируются беспрецедентные по масштабам и токсичности случаи ВЦВ, вызванные массовой вегетацией *A. catenella* (2). Это связано с повышением температуры воды, возрастанием частоты волн тепла и отступлением льдов. Согласно прогнозам, вызванные этим видом динофлагеллят токсичные ВЦВ в Беринговом и Чукотском морях будут только усиливаться (3). Температура – один из важнейших факторов, влияющих на выработку нейропаралитических токсинов у динофлагеллят рода *Alexandrium*, однако экспериментальных данных о плотности клеток и внутриклеточной концентрации STX при низких температурах недостаточно. Подобная информация для клонов, изолированных из российских вод, полностью отсутствует.

Цель работы – в условиях лабораторной культуры изучить влияние низких температур на плотность клеток и внутриклеточное содержание STX у динофлагелляты *A. catenella*.

Объектом исследования послужила культура *A. catenella* (клон MBRU_AL24) из коллекции ЦКП “Морской биобанк” НИЦМБ ДВО РАН (marbank.dvo). Клон получен путем проращивания цист, изолированных из пробы поверхностных осадков Берингова пролива. Культуру поддерживали при температурах 10 и 15°C. Длительность эксперимента составляла 28 сут, аликвоты для подсчета плотности клеток отбирали каждые 4-е сутки (0, 4, 7, 11, 14, 18, 21, 25 и 28 сут), материал фиксировали раствором Утермеля, подсчет проводили в камере Седжвика-Рафтера объемом 1 мл. Содержание STX определяли на 0, 14 и 28 сут методом конкурентного иммуноферментного анализа (ИФА) с помощью тест-системы “Saxitoxin ELISA EuroProxima” (Нидерланды) согласно методике, аттестованной Роспотребнадзором (Аттестат аккредитации № 0339/РОССТРУ.0001.310430/2023).

Установлено, что плотность клеток варьировала от 579 до 4797 кл/мл, а концентрация STX изменялась от 0.845 до 20.877 пг/кл. Начальная плотность клеток в культурах, поддерживаемых при 10 и 15°C, составляла 600 кл/мл. В экспериментах по культивированию при разных температурах плотность клеток в культуре, выращиваемой при 15°C, оказалась выше, чем при 10°C. На экспоненциальной и стационарной стадиях роста (на 14 и 28 сут) в культуре, которую выращивали при 15°C, плотность достигла 3016 и 4797 кл/мл соответственно, что в 2.5 и 1.6 раза превышало соответствующие значения плотности при культивировании при температуре 10°C (рис. 1). Для внутриклеточного содержания STX, которое достигало пика на 14-е сут культивирования, отмечена обратная зависимость, токсичность культуры увеличивалась на фоне относительно низких значений плотности клеток, выращенных при температуре 10°C (рис. 1). В частности, максимальная внутриклеточная концентрация STX (20.877 пг/кл) отмечена при температуре 10°C и плотности 1219 кл/мл, тогда как при 15°C наиболее высокая концентрация STX оказалась существенно ниже (7.026 пг/кл) при плотности 3016 кл/мл.

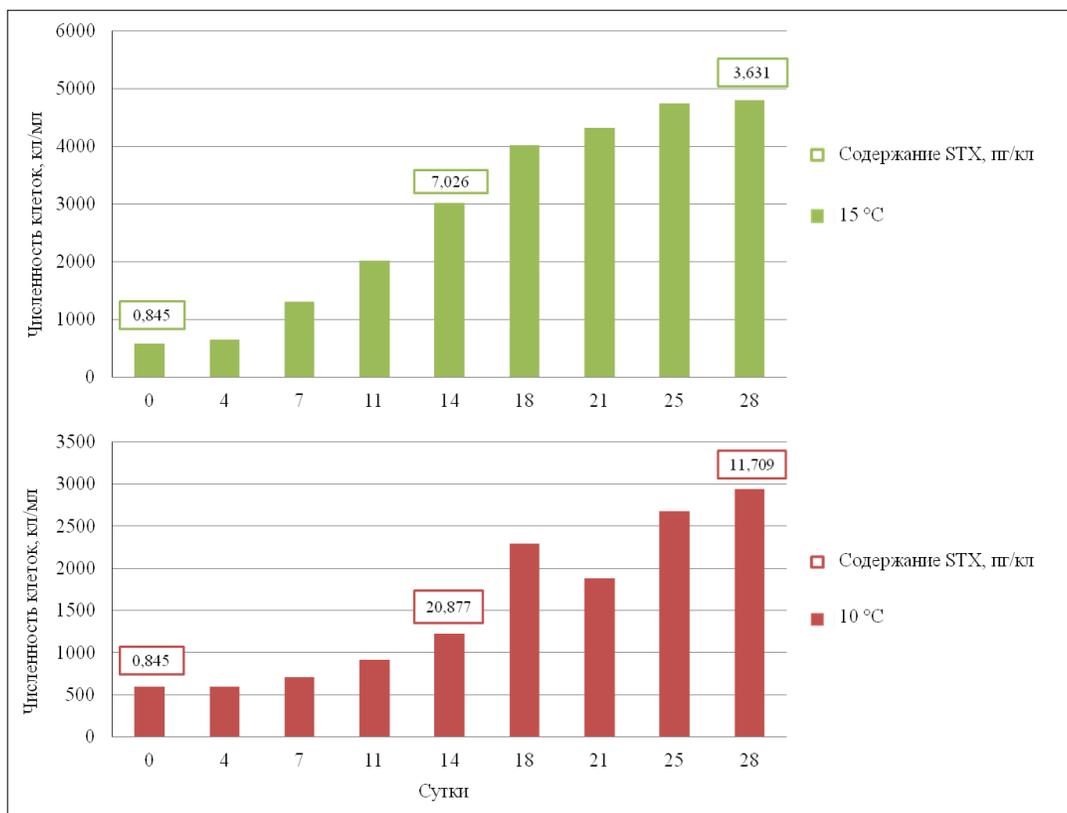


Рисунок.1 Плотность клеток (N, кл/мл) и внутриклеточная концентрация STX (пг/кл) в клоновой культуре MBRU_AL24, выращиваемой при температуре 10 и 15°C

*Работа выполнена при поддержке гранта № 169-15-2023-002
Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей
среды и в рамках госзадания НИЦМБ ДВО РАН (№124021900009-6).*

1. Anderson D.M., Fensin E., Gobler C.J., et al., Marine harmful algal blooms (HABs) in the United States: History, current status and future trends // Harmful Algae. 2021. V. 102. Art. ID 101975.
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.101975>
2. Fachon E., Pickart R.S., Sheffield G., et al., Tracking a large-scale and highly toxic Arctic algal bloom: Rapid detection and risk communication // Limnology and Oceanography Letters. 2025. V. 10, № 1, P. 62–72.
<https://doi.org/10.1002/lol2.10421>
3. Lago L. S., Pickart R.S., Lin P., et al., Physical drivers of a massive harmful algal bloom in the Northern Bering and Chukchi Seas in summer 2022 // Journal of Geophysical Research Oceans. 2025. V. 130. Art. ID e2024JC021624. <https://doi.org/10.1029/2024JC021624>

МОРСКИЕ ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ (НАРТИСТА, CENTROPLASTHELIDA) С RAPHIDOCYSTIS-ПОДОБНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ

Полузеров С. А.^{1,3}, Драчко Д. О.^{2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
poluzerov24@gmail.com

²Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

³Тюменский государственный университет, г. Тюмень

Центрохелидные солнечники или центрохелиды (Nartista, Centroplasthelida) – широко распространенная группа протистов, которые встречаются в пресноводных, морских и почвенных местообитаниях. Клетка центрохелидных солнечников характеризуется наличием заметного центра организации микротрубочек, эксцентрически расположенного ядра и аксоподий, несущих экструсомы. Для большинства центрохелидных солнечников характерно наличие покровов, состоящих из отдельных скелетных элементов, которые могут быть представлены органическими спикулами или кремниевыми чешуйками.

С активным развитием методов молекулярной филогении было показано, что общий план строения чешуек не всегда является надежным идентификационным признаком, солнечники с похожими чешуйками могут принадлежать к разным крупным группам. Расхождение данных морфологии и молекулярной филогении послужило тому, что некоторые семейства центрохелид были признаны полифилетичными [1]. Помимо этого в современных филогенетических построениях на древе центрохелид стабильно присутствуют несколько клад уровня семейства, содержащих только “природные” последовательности [3]. Некоторые природные клады выделены на материале из морских местообитаний, что указывает на существенный недостаток данных о разнообразии центрохелид, в том числе в морских биотопах.

Семейство Raphidocystidae (Panacanthocystidae, Chalarothoracina) представлено единственным родом *Raphidocystis* (Penard, 1904). Это преимущественно пресноводные солнечники, для которых обычно характерно наличие только тангентальных или реже тангентальных и радиальных чешуек. В ходе работы нами изучены пять клональных культур морских солнечников (Ib, Tur, Amet, Phich и Vla), морфология чешуек которых соответствует диагнозу рода *Raphidocystis*.

Солнечники Ib соответствуют описанию пресноводного вида *R. pallida*, но они были изолированы из морского местообитания, что ранее не отмечалось для этого вида. Солнечники Tur сходны с *R. marginata*, но отличаются по размерным характеристикам чешуек. На основании последовательности гена 18S рРНК молекулярно-генетическом древе эти солнечники входят в состав

клады, представленной последовательностями солнечников рода *Raphidocystis*. Важно отметить, что *R. marginata*-подобный план строения чешуек был подтвержден методами молекулярной филогении впервые для представителей рода *Raphidocystis*.

Солнечники штаммов Amet, Phich и Vla сходны по строению с представителями рода *Raphidocystis*. Стоит отметить, что предыдущие находки солнечников со схожей морфологией чешуек отмечены в литературе как *Raphidocystis brunii* [2, 3]. В то же время филогенетический анализ, основанный на последовательности гена 18S рРНК, показывает, что эти центрохелиды занимают базальное положение относительно клады Panacanthocystida, группируясь с природными последовательностями клады PNX1.

Для солнечников штаммов Tur, Amet, Phich и Vla характерен общий план строения покровов – вытянутые, лодочковидные пластинчатые чешуйки с орнаментацией в виде точек на поверхности. Различия касаются детального строения латерального края чешуйки: у солнечников штаммов Amet, Phich и Vla край не соединяется с внутренней поверхностью чешуйки, а у солнечников штамма Tur край плотно прилегает к внутренней поверхности. Мы предполагаем, что это различие можно использовать как диагностический признак для определения двух сходных групп центрохелид.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №24-74-10031 “Центрохелидные солнечники: симбиозы и симбионты”.

1. Cavalier-Smith T., von der Heyden S. Molecular phylogeny, scale evolution and taxonomy of centrohelid heliozoan // Mol. Phylogenet. Evol. 2007. V. 44. №. 3. С. 1186–1203.
2. Mikrjukov K.A. Revision of genera and species composition of lower Centrohelioczoa. II. Family Raphidiophryidae n. fam. // Archiv für Protistenkunde. 1996. B. 147. №. 2. С. 205–212.
3. Prokina K. I., Keeling P. J., Tikhonenkov D. V. Heterotrophic flagellates and centrohelid heliozoans from marine waters of Curacao, the Netherlands Antilles // Eur. J. Protistol. 2021. V. 77. Art. ID 125758.

ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО БИОТЕСТА ПО МЕТОДУ КОГУРЕ НА КЛЕТОЧНОЙ ЛИНИИ NEURO-2A ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЩЕЙ И СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕТРОДОТОКСИН-СОДЕРЖАЩИХ ЭКСТРАКТОВ

Пузанов М. С., Магарламов Т. Ю.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, maxipuzanoff@yandex.ru*

Тетродотоксин (ТТХ) — мощный природный нейротоксин, обладающий высокой тропностью к потенциал-зависимым натриевым каналам нервных волокон и вызывающий их блокаду. ТТХ широко распространен среди ряда морских и некоторых наземных организмов. Определение содержания ТТХ и его аналогов в биологических материалах имеет ключевое значение для мониторинга токсичных видов, биобезопасности и фундаментальных исследований. Наиболее распространённые методы количественного анализа ТТХ – высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЖХ) и её модификации. Однако при анализе экстрактов из морских гидробионтов ВЖХ сталкивается с рядом существенных трудностей, таких как высокая загрязненность проб, присутствие пептидов, сахаров и других соединений, способных адсорбировать ТТХ и приводить к потере вещества или засорению хроматографической колонки. Кроме того, ВЖХ позволяет выявлять только отдельные соединения, не учитывая возможный синергетический эффект токсинов.

В связи с этим, актуальным становится использование альтернативных методов, способных оценить общий токсический эффект в сложных биологических матрицах. Одним из таких методов является биотестирование по методу Когура, основанное на определении жизнеспособности культуры клеток Neuro-2a при воздействии токсичных экстрактов. Использование данного метода позволяет не только обойти ограничения химических методов, но и отказаться от использования животных-моделей (мышей) для биотестирования. В настоящей работе апробирован метод Когура для быстрой и эффективной оценки общей токсичности экстрактов, полученных из организмов продуцентов тетродотоксина.

Для проведения эксперимента клетки открепляли от культурального флакона с помощью 0.25% раствора трипсина на PBS (рН 7,4), ресуспендировали в культуральной среде (DMEM с 10% FBS) и пересевали в 96-луночный планшет по 100 мкл суспензии в каждую лунку. Итоговое содержание клеток в каждой лунке составляло 3×10^4 клеток/мл. Далее клетки в течение 24 ч преинкубировали в CO₂-инкубаторе. По истечении преинкубации в каждую лунку добавляли по 100 мкл тестовых и контрольных растворов и снова инкубировали в CO₂-инкубаторе в течение 24 ч. Оценка жизнеспособности

клеток проводили с помощью МТТ теста. Измерение светопоглощения растворенного красителя для каждой лунки проводили на спектрофотометре xMark™ (Bio-RAD, США) при длине волны 570 нм с референсной длиной волны 630 нм. Для визуального анализа эффекта на культуру клеток в присутствии вератридина и убаина использовали инвертированный микроскоп Axiovert A1 (Carl Zeiss, Германия).

В ходе исследования были оптимизированы концентрация клеток, процентное содержание FBS, концентрации растворов убаина и вератридина, а также определено токсическое действие ТТХ на культуру клеток. Установлены пределы обнаружения (LOD) – 0.78 нг/мл и количественного определения (LQD) – 5 нг/мл.

Полученные значения LOD и LQD свидетельствуют о высокой чувствительности метода, что делает его перспективным инструментом для скрининга и мониторинга токсичности биоматериалов морского происхождения. Биотестирование по методу Когуре может рассматриваться как альтернатива традиционным аналитическим методам (например, ВЖХ), особенно при работе с “грязными” экстрактами и при необходимости оценки синергетических эффектов токсинов. Применение метода позволяет отказаться от использования животных моделей, что важно с этической и практической точек зрения.

Работа в рамках НИР "№ 124022500262-6 "Пластичность нервной системы в процессе онтогенеза, при действии факторов внешней среды и биологически активных соединений"" частично выполнена на базе ЦКП "Приморский океанариум", ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток)

***PRIONOSPIO* (ANNELIDA: SPIONIDAE): ПУТЕШЕСТВЕННИКИ ИЛИ ПАТРИОТЫ?**

Радашевский В. И., Панькова В. В., Полякова Н. Е.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, radashevsky@mail.ru*

Многощетинковые черви (полихеты; Annelida: Polychaeta) – одна из наиболее массовых, как по численности, так и по разнообразию, групп морского макро- и мейобентоса. Долгое время считалось, что многие виды полихет имеют широкое распространение в Мировом океане, или даже являются космополитами. Значительный вклад в формирование этого представления сыграли первые капитальные работы по морфологии и систематике полихет в европейских водах и последующее использование названий европейских видов для определения похожих полихет в других странах мира. Использование молекулярных методов генетического анализа полихет в настоящее время не только опровергло прежние представления, но и привело к другой крайности, когда небольшие различия в генетических последовательностях заведомо изменчивых генов стали трактоваться как скрытое разнообразие и существование большого числа неописанных видов.

Spionidae – одно из наиболее многочисленных семейств полихет (около 1000 видов), представители которого свободно передвигаются в грунте, обитают в трубках на мягких грунтах, сверлят губки, кораллы, раковины моллюсков и другие твердые субстраты на литорали и в глубинах Мирового океана. Более 10 видов долгое время считались космополитами. Молекулярные исследования показали, что большинство этих “космополитов” на самом деле представляют собой комплексы видов с весьма ограниченным ареалом распространения. Вместе с тем, такие исследования подтвердили наличие конспецифических изолированных популяций многих видов, обитающих на разных материках и континентах вследствие непреднамеренного переноса с объектами марикультуры или с балластными водами и обрастаниями корпусов судов.

Задачей настоящего исследования был генетический анализ удалённых популяций *Prionospio*, одного из наиболее многочисленных родов спионид, включающего более 120 видов. Нами получены сиквенсы пяти генов (COI, 16S, 18S, 28S, Histone 3) представителей этого рода из прибрежных вод Приморья, Кореи, Тайваня, Китая, Кувейта, Турции и Шри Ланки. Анализ полученных сиквенсов показал ошибочность многих прежних определений *Prionospio* в этих странах и необходимость таксономической ревизии этого рода в целом.

*Работа выполнена в рамках темы НИР № 14021900011-9
“Биоразнообразие Мирового океана: таксономия и эволюция, репродуктивная биология, биогеография и биоинвазии”.*

АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ВОСЬМИЛУЧЕВЫХ КОРАЛЛОВ ГАЙОТА КОКО (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ, СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)

Родькина С. А., Даутова Т. Н.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, srodkina@mail.ru*

В отличие от склерактиновых кораллов, образующих рифы, большинство глубоководных кораллов относятся к классу *Octocorallia*. Обычно они заселяют континентальный шельф, склоны островов, каньоны и подводные горы, создавая плотные сообщества, известные как коралловые сады. Эти коралловые сообщества поддерживают высокое биологическое разнообразие, являясь важными нерестилищами, местами нагула и убежищами для большого числа видов рыб и беспозвоночных. Глубоководные коралловые сады относятся к объектам окружающей среды, представляющим особый интерес в рамках нескольких международных инициатив по сохранению морской среды.

Последние данные, полученные в ходе экспедиции Национального научного центра биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН на борту научно-исследовательского судна “Академик М. Лаврентьев” в 2019 и 2021 гг., показывают значительную роль восьмилучевых кораллов как ключевой группы в экосистемах цепи подводных гор Императорского хребта, где ведется активное рыболовство. Тем не менее, мало что известно о трофической экологии этих глубоководных кораллов. Данные о питании таксонов-индикаторов уязвимых морских экосистем, таких как восьмилучевые кораллы, могут быть использованы для прогнозирования потенциальных изменений в экосистемах Императорского хребта. Цель данной работы – изучение и анализ профилей жирных кислот массовых представителей класса *Octocorallia*, отобранных с использованием телеуправляемого аппарата “Comanche 18” в ходе 86-ой и 94-ой экспедиций судна “Академик М. Лаврентьев” в районе Императорского хребта. Жирные кислоты (ЖК) как трофические маркеры широко используются для изучения экологии, как отдельных видов животных, так и целых сообществ и экосистем.

Методами газовой хроматографии и газожидкостной хромато-масс-спектрометрии проанализированы 60 образцов относящихся к 20 родам с самой южной подводной горы Императорского хребта. Представители каждого рода кораллов показали свои отличительные особенности по ЖК составу. Изученные кораллы были разделены на 3 группы на основании результатов статистического анализа и сходства процентного содержания отдельных ЖК. Первую группу составляли кораллы родов *Lepidisis*, *Isidella*, *Keratoisis*, *Chrysogorgia*, *Metallogorgia*, *Iridogorgia*, *Clavularia*, *Siphonogorgia* и *Swiftia*, которые отличались высоким содержанием маркеров зоопланктона (18:1n-9, 20:1n-9,

22:1n-9). Вторая группа, включавшая *Calyptrophora*, *Thouarella*, *Primnoella* и *Callogorgia*, характеризовалась повышенным уровнем 20:5n-3 и 24:5n-6. Высокий уровень диатомовых маркеров указывает на то, что фитопланктон является основным источником пищи для всех изученных Primnoidae. Третью группу составляли *Paragorgia*, *Anthomastus*, *Echinomuricea*, *Paramuricea*, *Acanthogorgia*, *Muriceides* и *Keroeides*, в которых обнаружено значительное количество 20:4n-6 и 24:5n-6. Арахидоновую кислоту 20:4n-6 часто используют в качестве биомаркера донных простейших. Таким образом, высокий уровень n-6 ПНЖК (особенно 20:4n-6), обнаруженный в кораллах Paramuriceidae и *Keroeides*, указывает на вовлечение в их питание некоторых звеньев из детритной пищевой цепи.

Наши результаты демонстрируют значительные различия в содержании жирных кислот у изученных глубоководных кораллов, что указывает на разные источники их пищи. Из-за общих пищевых ресурсов, которые обеспечивают трофическую нишу для восьмилучевых кораллов в этой среде обитания, различия в их профилях жиров и содержании трофических маркеров, вероятно, являются результатом избирательности питания. Таким образом, сосуществование в одном ареале различных кораллов, имеющих особые пищевые предпочтения, делает цепь подводных гор Императорского хребта устойчивой к изменениям окружающей среды. Эти результаты важны для понимания экологии питания октокораллов и их адаптации к потенциальным изменениям в связи с антропогенным воздействием и климатическими колебаниями.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124021900010-2.

ДИНАМИКА ДОННЫХ СООБЩЕСТВ КАРСКОГО МОРЯ

Руднева Е. В.¹, Удалов А. А.², Залота А. К.², Чикина М. В.²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, rudneva@vniro.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

На протяжении долгого времени бентосные сообщества Карского моря считались относительно стабильными. Однако с наступлением XXI века отмечены климатические изменения, приведшие к сокращению ледового покрова в регионе и развитию инвазии краба стригуна *Chionoecetes opilio* – хищника, который имеет широкий спектр питания и может радикально воздействовать на местную фауну [3]. Представленные исследования направлены на оценку текущего состояния и структурных особенностей сообществ макро- и мегабентоса в различных районах Карского моря, а также анализ их многолетней динамики в период 2007–2019 гг. Особый интерес представляет район желоба Святой Анны, поскольку он обладает рядом уникальных гидрологических характеристик, являясь путем проникновения в Карское море баренцевоморских водных масс, а также высокоарктических и атлантическо-баренцевоморских видов [2].

Материал собран в юго-западном и северо-западном (желоб Святой Анны) районах Карского моря в ходе 128 рейса НИС “Профессор Штокман” (2014 г.) и 76 рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” (2019 г) экспедиций Института океанологии (см. рисунок).

На всех станциях измеряли соленость и температуру придонной воды. В качестве основных орудий лова использовали трал Сигсби и дночерпатель Ван-Вина. Обработка полученного материала включала в себя определение беспозвоночных по возможности до видового ранга, подсчет и взвешивание организмов. При анализе временной динамики помимо собственных данных использовали данные, собранные в ходе рейсов ИО РАН в 2007 и 2011 гг. [1, 2].

Статистическую обработку проводили стандартными методами. В качестве меры обилия использовали относительную интенсивность метаболизма (RR – respiration rate). Для оценки сходства между пробами использовали индекс Брэя–Кертиса. На основании полученных матриц сходства проводили кластерный анализ и ординацию проб методом неметрического многомерного шкалирования (nMDS), достоверность выделения групп оценивали с помощью процедуры SIMPROF. Для оценки видового богатства использовали число видов на станции и ожидаемое число видов на 300 особей, выравненность сообществ оценивали с помощью индекса Пиелу, а разнообразие – с помощью индекса Шеннона. Статистический анализ выполнен при помощи пакетов программ PRIMER V7 и Excel.

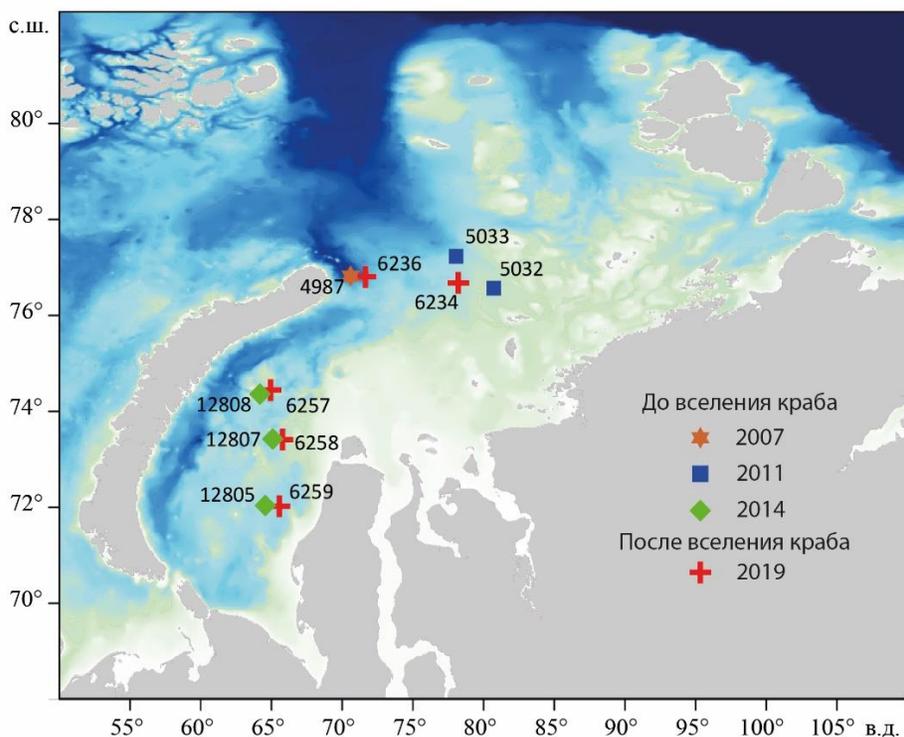


Рисунок. Карта-схема расположения станций.

Анализ полученных результатов показал, что между 2014 и 2019 гг. отсутствуют достоверные различия в структуре сообществ макробентоса юго-западной части Карского моря. Изменения затронули в основном мегафауну и крупную макрофауну, которые учитываются при тралении. Показано, что структура мегафауны восточного и западного отрогов желоба Святой Анны значительно отличается как от структуры сообществ юго-западной части Карского моря, так и друг от друга. На станциях в желобе Святой Анны отмечена меньшая выравненность сообществ, однако показатели видового разнообразия, численность и биомасса мегабентоса здесь были выше, чем на станциях в юго-западном секторе моря. Сообщества восточного отрога желоба Святой Анны являются продолжением биоценоза офиур, типичного для Карского моря, в то время как фауна западного отрога желоба подвержена влиянию вод Баренцева моря и разительно отличается от типичных сообществ, поскольку включает баренцевоморские виды *Pandalus borealis*, *Strongylocentrotus pallidus* и *Chlamys islandica*. На момент исследований фауна желоба Святой Анны, в отличие от юго-западного района Карского моря, претерпела менее значительные изменения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-14-00030, <https://rscf.ru/project/25-14-00030/>.

1. Веденин А.А. Донная фауна Сибирского сектора Арктики: состав, распределение сообществ, вертикальная зональность. Дисс. канд. биол. наук. Москва, 2017. 148 с.
2. Галкин С.В., Веденин А.А., Минин К.В. и др. Макробентос южной части желоба Святой Анны и прилежащих районов Карского моря // Океанология. 2015. Т. 55, № 4. С. 677–677.
<https://doi.org/10.7868/S0030157415040097>.
3. Udalov A.A. Anisimov I.M., Basin A.B. et al. Changes in benthic communities in Blagopoluchiya Bay (Novaya Zemlya, Kara Sea): the influence of the snow crab // Oceanology. 2024. V. 64, № 2. P. 278–287.
DOI: 10.1134/S0001437024020085.

ФАУНИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНОВ ХОЛОДНЫХ МЕТАНОВЫХ И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ВЫХОДОВ БЕРИНГОВА МОРЯ

Рыбакова Е. И.¹, Крылова Е. М.¹, Мордухович В. В.^{2,3}

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, gorolen@mail.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,

г. Владивосток, vvtora@mail.ru

³Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Холодные метановые и гидротермальные выходы являются наиболее распространенными примерами восстановительных биотопов глубоководного океана. Сообщества обоих типов биотопов основаны на первичном органическом веществе, созданном в процессах бактериальных хемолитоавтотрофии и метанотрофии. Фауны сообществ этих восстановительных биотопов наряду с общими чертами имеют специфические особенности, связанные с типом местообитаний, глубиной нахождения, географическим положением и историей формирования. Холодные метановые высачивания (сипы) и гидротермальные выходы (гидротермы), находящиеся в пространственной близости друг к другу, предоставляют возможность выявления особенностей фауны, преимущественно определяемых типом биотопа.

В западной части Берингова моря на расстоянии 800 км друг от друга расположены два района, характеризующиеся восстановительными условиями: Корякский склон (~61° с.ш., ~400–700 м) с холодными метановыми выходами и вулкан Пийпа (55° с.ш., 350–460 м) с гидротермальными выходами. Ранее описаны фаунистический состав и структура сообществ этих биотопов [1]. Несмотря на значительные температурные аномалии (температура флюидов достигает 132°C), по геохимическим условиям вулкан Пийпа представляет собой не вполне типичный гидротермальный биотоп. Во флюидах вулкана, вместо сероводорода, более обычного для гидротерм, преобладает метан, характерный для сипов. Кроме того, на вулкане Пийпа наряду с такими характерными для большинства гидротерм особенностями, как локализованные выходы флюида и твердый субстрат, отмечены обширные зоны диффузных высачиваний и мелкозернистого осадка, сближающие биотоп вулкана Пийпа с биотопом метановых выходов.

Цель нашей работы состояла в сравнительном анализе фаунистического состава районов холодных и гидротермальных выходов Берингова моря и определении региональных особенностей характера отличий фаун восстановительных биотопов разных типов. В ходе исследования мы выявили особенности фаун районов холодных и гидротермальных выходов Берингова моря, провели сравнительный фаунистический анализ сипов и гидротерм в

регионе Японского архипелага и бассейна Гуаймас, а также сопоставили результаты сравнительного фаунистического анализа для всех трех регионов. Регионы для сравнения с Беринговым морем выбраны по следующим параметрам: 1) в каждом из них холодные и гидротермальные выходы расположены в относительной близости друг от друга (60–1700 км); 2) между ними не проходят значительные биогеографические границы; 3) в каждом из регионов восстановительные биотопы находятся на батиальных глубинах. Работа выполнена на основе ранее опубликованных и актуализированных нами списков видов восстановительных районов для каждого из трех обсуждаемых регионов Тихого океана: Берингова моря [1], региона Японского архипелага (270–1300 м) [2] и бассейна Гуаймас (Восточная Пацифика, 1550–1900 м) [3] (рис. 1).

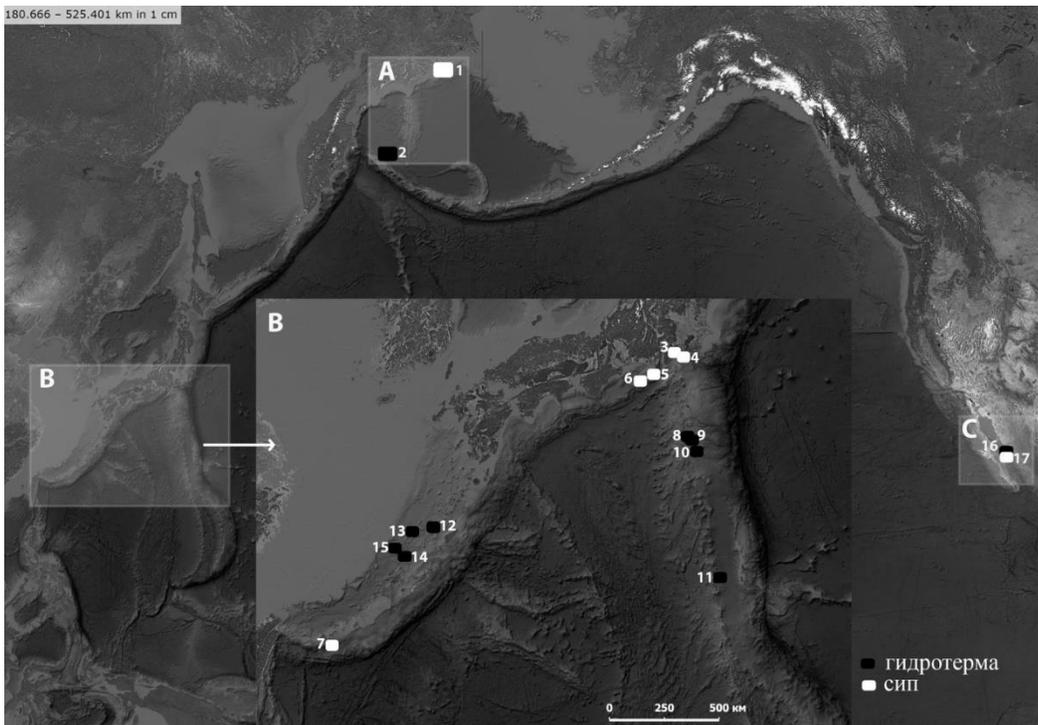


Рисунок 1. Районы исследования. А – Берингово море (1 – Корякский склон, 400–700 м; 2 – вулкан Пийпа, 350–460 м); В – окрестности Японского архипелага (3 – Off Hatsushima Island, 800–1300 м; 4 – Okinoyama, 750–1300 м; 5 – Kanesu-no-se, 270–300 м, 6 – Tenryu II, 500–900 м; 7 – Kuroshima, 636–812 м; 8 – Bayonnaise Knoll caldera, 900 м, 9 – Myojin-sho Caldera, 883–1100 м, 10 – Sumisu, 920 м; 11 – Kaikata, 300–500 м; 12 – Amami Rift, 628 м; 13 – Minami-Ensei Knoll, 600–800 м; 14 – Yoron Hole, 580 м; 15 – Iheya North, 900–1000 м); С – бассейн Гуаймас (16 – Sonora margin, 1550 м; 17 – Southern Trough depression, 1900 м).

В районах восстановительных биотопов Берингова моря зарегистрировано 296 видов. Число видов в районах метановых выходов в 3.5 раза выше, чем в гидротермах; сходство фауны составляет около 7% (Таблица). Большая часть

видов является фоновыми и только 18 видов (6%) отнесены к предположительно облигатным для восстановительных биотопов. Число облигатных видов несколько выше в районах метановых выходов, чем в районе гидротермальных, сходство облигатной фауны составляет 22%. Четыре из облигатных видов известны исключительно из районов метановых выходов (*Ophryotrocha seepens*, *Ophryotrocha* sp., *Neosabellides* sp. и *Thyasira* sp.), пять – только из районов гидротермальных выходов (*Provanna annae*, *Nebalia piipensis*, *Eurycope andreyi*, *Lysianassoidea* gen. nov. sp. nov. 1 и *Lysianassoidea* gen. nov. sp. nov. 2). Четыре вида известны как из сипов, так и из гидротерм (*Parvaplustrum wareni*, *Harmothoe globosa*, *Neosabellides uschakovi* и *Astyris thermophila*), а оставшиеся 5 видов – из нескольких типов восстановительных биотопов.

Данные, полученные для Берингова моря, отличаются от соответствующих данных для региона Японского архипелага и бассейна Гуаймас прежде всего значительно большим числом обнаруженных в восстановительных сообществах фоновых видов (Таблица). Возможно, эти различия определяются разницей в методологических подходах, когда основное внимание при изучении сообществ Японского архипелага и бассейна Гуаймаса уделялось именно облигатным для восстановительных условий видам.

Кроме того, в отличие от сообществ региона Японского архипелага и бассейна Гуаймас, в Беринговом море число видов из района сипов значительно превосходит число видов из гидротерм, при этом доля видов, общих для сипов и гидротерм в Беринговом море, наименьшая среди сравниваемых регионов. Однако облигатная фауна демонстрирует большее сходство, и доля облигатных видов, общих для сипов и гидротерм Берингова моря, приближается к таковой для региона Японского архипелага (21%), но не достигает уровня в 70%, наблюдаемого в бассейне Гуаймас. В бассейне Гуаймас сипы и гидротермы находятся всего в 60 км друг от друга, что может объяснять высокий уровень фаунистического сходства между ними. В отличие от Берингова моря и бассейна Гуаймас, для региона Японского архипелага в гидротермах отмечено значительное преобладание числа облигатных видов по сравнению с метановыми выходами (71 и 40 облигатных видов соответственно). Во всех трех регионах таксономический ранг облигатной фауны был выше в гидротермальных районах.

По числу облигатных видов и сипы, и гидротермы Берингова моря значительно отстают от сообществ региона Японского архипелага и бассейна Гуаймас. Сравнительно низкое число облигатных и хемосимбиотрофных видов может быть связано с более узким вертикальным диапазоном, ограниченным только верхней батиалью, и с географической обособленностью восстановительных биотопов Берингова моря по сравнению с регионом Японского архипелага и восточной частью Тихого океана, где известно большее количество восстановительных биотопов в широком диапазоне глубин с разнообразием биогеохимических условий.

Таблица. Некоторые характеристики фауны биотопов холодных метановых и гидротермальных выходов в разных регионах

Характеристики	Регион					
	Берингово море, 350–700 м		Японский архипелаг, 270–1300 м		Бассейн Гуаймас, 1550–1900 м	
	Сипы	Гидротермы	Сипы	Гидротермы	Сипы	Гидротермы
Максимальное расстояние между сипами и гидротермами, км	800		1700		60	
Число видов	296		114		35	
	245	71	51	86	30	31
Число видов общих для сипов и гидротерм (доля, %)	20 (7)		23 (20)		26 (74)	
Число облигатных видов (доля, %)	18 (6)		94 (82)		30 (86)	
Число облигатных видов в сипах и гидротермах	12	10	40	71	25	26
Число облигатных видов общих для сипов и гидротерм (доля, %)	4 (22)		20 (21)		21 (70)	
Число хемосимбиотрофных видов	4		25		7	
	4	1	18	16	6	5

Авторы выражают благодарность Национальному научному центру морской биологии им. А.В. Жирмунского (ННЦМБ) ДВО РАН (г. Владивосток) за организацию и проведение экспедиций в Берингово море в 2016 и 2018 гг., научному составу экспедиции, капитану В.Б. Птушкину и команде судна “Академик М.А. Лаврентьев”, пилотам и техникам ТНПА “Команч-18” за всестороннюю помощь при сборе материала, а также всем специалистам-таксономистам, участвовавшим в определении фауны.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда №24-27-00242.

1. Rybakova E., Krylova E., Mordukhovich V., et al. Mega- and macrofauna of the hydrothermally active submarine Piip Volcano (the southwestern Bering

- Sea) // Deep Sea Res. II. 2023. V. 208. Art. ID 105268. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2023.105268>
2. Nakajima R., Yamakita T., Watanabe H., et al. Species richness and community structure of benthic macrofauna and megafauna in the deep-sea chemosynthetic ecosystems around the Japanese archipelago: an attempt to identify priority areas for conservation // Diversity Distrib. 2014. V. 20. P. 1160–1172. <https://doi.org/10.1111/ddi.12204>
 3. Portail M., Olu K., Escobar-Briones E., et al. Comparative study of vent and seep macrofaunal communities in the Guaymas Basin // Biogeosciences. 2015. V. 12. P. 5455–5479. <https://doi.org/10.5194/bg-12-5455-2015>

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ АПИКАЛЬНОГО ОРГАНА ЛИЧИНКИ ПАЛЕОНЕМЕРТИНЫ *CERHALOTHRIX* CF. *SIMULA* ДЛЯ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Сабуцкая М. А.¹, Магарламов Т. Ю.²

¹Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток,
sabutskaya89@mail.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, *biotimur@yandex.ru*

Апикальный орган, который является ключевым структурным элементом у широкого спектра личинок беспозвоночных, включая немертин, всегда располагается на переднем полюсе личинки и представляет собой комплекс сенсорных клеток и нейронов, часто снабженный апикальным пучком длинных ресничек [2, 3]. Предполагается, что апикальный орган участвует в восприятии различных сигналов окружающей среды и играет важную роль в контроле расселения, метаморфоза и передвижения личинок [2, 3].

В пределах типа Nemeterea апикальный орган идентифицирован у личинок трех его основных филогенетических ветвей, но хорошо изучен только у пилидиев представителей Pilidiophora и планулообразных личинок представителей Hoplonemertea [1, 3]. Сведения об организации апикального органа у Palaeonemertea гораздо более скудны и, в основном, ограничиваются светооптическими данными.

В настоящей работе строение апикального органа палеонемертины *Cephalothrix* cf. *simula* изучено с помощью световой, трансмиссионной и лазерной сканирующей микроскопии. Полученные данные применены для выявления филогенетического положения типа Nemeterea в кладе Spiralia.

Апикальный орган *C.* cf. *simula* – это железисто-сенсорное образование с характерным взаимным концентрическим расположением его элементов. Вокруг центральной цилиарной клетки располагаются железистые клетки двух типов и сенсорные цилиарные клетки (рис. 1Б).

Согласно результатам нашего исследования, апикальный орган *C.* cf. *simula* наиболее схож с таковым у личинок плоских червей поликладид (рис. 1А). Апикальный орган обоих представителей этих беспозвоночных является железисто-сенсорным образованием и имеет наряду с сенсорными структурами железистые клетки двух и более типов, это позволяет предположить, что филогенетически немертины располагаются ближе к плоским червям, а не к кольчатым червям и моллюскам, поскольку апикальный орган личинок обоих этих групп имеет сходное строение (рис. 1).

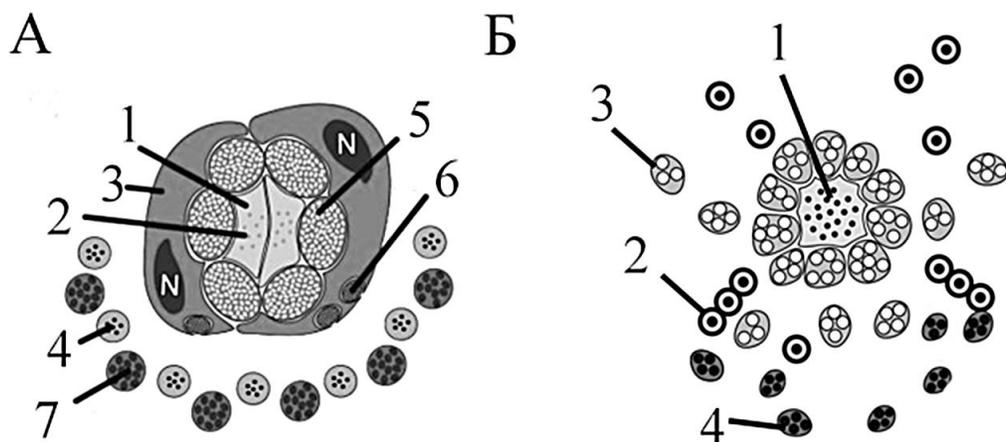


Рисунок 1. Схема строения А – апикального органа плоского червя *Theama mediterranea* (по Dittmann et al., 2023) (1 – центральные сенсорные клетки; 2 – реснички центральной сенсорной клетки; 3 – опорные клетки; 4 – сенсорные нейроны; 5, 6, 7 – железистые клетки соответственно I, II, III типа) и Б – апикального органа *Cephalothrix* cf. *simula* (1 – центральная ресничная клетка; 2 – сенсорные клетки; 3 и 4 – железистые клетки I и II типа соответственно).

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124022500262-6 “Пластичность нервной системы в процессе онтогенеза, при действии факторов внешней среды и биологически активных соединений” и частично проводилась на базе ЦКП “Приморский океанариум”, ННЦМБ ДВО РАН (г. Владивосток).

1. Чернышев А.В., Астахова А.А., Даутов С.Ш., Юшин В.В. Строение апикального органа и прилегающего эпителия у *pilidium prorecurvatum* - пелагической личинки неизвестной гетеронемертины (Nemertea) // Биол. моря. 2013. Т. 39, № 2. С. 106–114..
2. Dittmann I. L., Grosbusch A. L., Nagler M., et al. The ultrastructure of the apical organ of the Müller’s larva of the tiger flatworm *Prostheceraeus crozieri* // Cell Biol. Int. 2023. V. 47. № 8. P. 1354–1367.
3. Magarlamov T. Y., Dyachuk V. A., Chernyshev A. V. Does the frontal sensory organ in adults of the hoplonemertean *QuasitetraSTEMMA stimpsoni* originate from the larval apical organ? // Front. Zool. 2020. V. 17. № 2. P. 1–19.

РАСКОРМ ПТЕНЦОВ ПИНГВИНОВ ГУМБОЛЬДТА (*SPHENISCUS HUMBOLDTI*) В ПРИМОРСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ

Сабуцкая М. А.

Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, sabutskaya89@mail.ru

Пингвины Гумбольдта (*Spheniscus humboldti*) – нелетающие птицы среднего размера, гнездящиеся на Тихоокеанском побережье в районе холодного Перуанского течения. Известно не менее 60 колоний пингвинов этого вида, 41 в Перу и 19 в Чили, но данные по общей численности популяции пингвинов Гумбольдта значительно разнятся и варьируют от 30 000 до 48 000 гнездящихся птиц [1, 2].

Пингвины этого вида достаточно неприхотливы в содержании и имеют более устойчивый иммунитет в сравнении с субантарктическими видами, что делает их привлекательным объектом экспонирования в зоопарках и океанариумах. В России, наряду с Приморским океанариумом, пингвины Гумбольдта содержатся, по меньшей мере, еще в 12 подобных учреждениях.

После присвоения виду особого охранного статуса с 1983 г. ни один пингвин этого вида не был законно импортирован из дикой природы [2]. Поэтому для сохранения популяции пингвинов Гумбольдта в неволе специалистам-орнитологам было необходимо повысить успешность размножения птиц в искусственных условиях содержания путем совершенствования различных аспектов этого процесса. Одним из таких направлений является раскорм – научение птиц, содержащихся в искусственных условиях, принимать пищу из рук киперов.

Кормление пингвинов и их птенцов в условиях искусственного содержания имеет свои особенности. Известно, что все представители отряда пингинообразных питаются рыбой, которую они ловят самостоятельно, либо вместе со своей стаей [1]. В условиях океанариумов и зоопарков пингвинов кормят мелкой свежеразмороженной рыбой, и каждый пингвин должен уметь принимать цельную рыбу из рук специалиста [2]. Соответственно, каждого вылупившегося птенца в условиях искусственного содержания необходимо научить этому навыку (раскормить).

Целью сотрудников отдела орнитологии, занимающихся содержанием пингвинов Гумбольдта в Приморском океанариуме, была выработка оптимальной схемы раскорма. Необходимо было выявить, в каком возрасте нужно отселять птенцов от родителей, и каким должен быть режим кормления, чтобы птицы максимально быстро и с минимальным стрессовым воздействием научились принимать рыбу из рук человека.

Эффективность разработанных схем проанализировали на 5 группах птенцов. Каждая группа включала от 4 до 8 птенцов пингвинов, вылупившихся

в одном временном диапазоне. Птенцов переместили в соседнее с основным вольером помещение, чтобы родители не могли их кормить. Способность птенца полностью самостоятельно брать цельную рыбу из рук специалиста считалась завершением раскорма. На начальных этапах раскорма птенцы пингвинов должны съедать ежедневно количество рыбы эквивалентное 10% их веса [2]. В ходе приучения птенцы получали именно столько цельной, свежеразмороженной рыбы, разделенной на 3 приема (утреннее, обеденное и вечернее кормление).

В результате наблюдений выявлено, что на эффективность и скорость раскорма значительно влияет возраст, в котором птенцов пингвинов изолируют от родителей. Группа птенцов, возраст которых был 5–6 мес., научилась самостоятельно принимать рыбу из рук человека в среднем спустя 20 сут. Птенцы, раскорм которых начали в возрасте 2–3 месяца, начали самостоятельно принимать рыбу у специалиста в среднем спустя 14 сут.

В ходе наших наблюдений описано 2 случая, когда раскорм осуществлялся без изоляции от родителей, в общем вольере и проходил также достаточно быстро, за 12–14 сут. Необходимо отметить, что возможность для такого формата раскорма доступна редко, зато такая схема характеризуется минимальным стрессовым воздействием на молодую птицу.

Выражаю искреннюю благодарность сотрудникам отдела орнитологии Приморского океанариума за помощь в оформлении результатов наблюдений, ценные советы и замечания.

Работа частично выполнена на базе ЦКП “Приморский океанариум”, ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).

1. Boersma P.D. Penguins as marine sentinels // *Bioscience*. V. 58, № 7. 2008. P. 597–607.
2. Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*) population and habitat viability assessment Workshop Final Report. IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group, Apple Valley, MN, USA. 2021. PDF of this document can be downloaded at: www.cpsg.org.
3. Schneider T., Olsen D., Dykstra C. et al. AZA Penguin Taxon Advisory Group. Penguin (Spheniscidae) Care Manual. Silver Spring, MD: Association of Zoos and Aquariums. 2014. 143 pp.

НАХОДКА БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА *PATELLA ULYSSIPONENSIS* GMELIN, 1791 (GASTROPODA: PATELLIDAE) В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ КАВКАЗСКОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Селифонова Ж. П.¹, Полтаруха О. П.²

¹Государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск, selifa@mail.ru

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, poltarukha@rambler.ru

В последние десятилетия в пелагиали и бентали Черного моря находят редкие и краснокнижные виды, исчезнувшие в середине 1970–1980-х гг. Исследователи объясняют такое явление сменой фазы эвтрофикации на фазу деэвтрофикации, снижением пресса хищников и восстановлением черноморских сообществ. Начиная с 2000-х гг. численность некоторых ранее редких черноморских видов начала увеличиваться, отмечено вселение чужеродных видов. Брюхоногий моллюск *Patella ulyssiponensis* – это один из видов, исчезнувших во время экологического кризиса. Он отсутствовал на Кавказском шельфе Черного моря с середины XX века и был включен в Красную книгу Черного моря, Крыма и Севастополя, однако не занесен в Красную книгу Краснодарского края. До сих пор вид не найден на шельфе Украины, Румынии и Болгарии. Последняя находка *P. ulyssiponensis* в Крыму датирована 2007 г. В 2017 г. в интернете появилось сообщение о находке *Patella* sp. южнее Батуми и в районе Лоо (Лазаревское), а в 2019 г. – Мацесты. Весной 2023 г. мы обнаружили популяцию *P. ulyssiponensis* в районе Сочинского порта. Также известно, что в южной части Черного моря на побережье Турции обитает популяция *P. caerulea*. Цель работы – уточнить видовую принадлежность и оценить основные параметры этой популяции.

Пробы собирали в июне 2023 г. на южном моле Сочинского порта и волнорезе у пляжа ЖК “Александрыйский маяк” (рис. 1). Моллюсков собирали на глубине ≤ 1 м с помощью рамки 25×25 см в трехкратной повторности. Всего собрано 144 экз. Живых особей измеряли, взвешивали, фиксировали в спирте и определяли до вида.

Исследованные особи по морфологическим признакам определены как *P. ulyssiponensis*. Морфометрические показатели исследованной популяции приведены в таблице. Плотность поселения *P. ulyssiponensis* – 240–320 экз./м², в среднем 260 ± 75.7 экз./м², причем плотность поселения была выше на станции 1. В исследованном районе *P. ulyssiponensis* обитает на поверхностях, покрытых бактериально-водорослевой пленкой с нитчатыми зелеными водорослями, макрофитами *Ulva rigida*, *Enteromorpha* sp. и неидентифицированными бурыми водорослями. Красные известковые водоросли *Phymatolithon calcareum* отмечались только на станции 2. Также в обрастании найдены гидроиды, сидячие многощетинковые черви *Spirorbis* spp., усонogie ракообразные

Amphibalanus improvisus, мшанки, раки-отшельники *Clibanarius erythropus* и мидии *Mytilus galloprovincialis*, формирующие местами друзы из особей длиной до 20–30 мм.

Является появление *P. ulyssiponensis* инвазией или восстановлением местной популяции? Имеются аргументы в пользу каждого из этих предположений.

Находка *P. ulyssiponensis* в районе порта может говорить о заносе моллюска судами. Однако в литературе мы не нашли данных по размножению и развитию *P. ulyssiponensis*. По аналогии с близким видом *P. caerulea*, можно предполагать, что *P. ulyssiponensis* выметывает яйца в воду, а планктонная стадия длится несколько суток. Это исключает перенос ее личинок с балластными водами судов. Известно, что взрослые особи *P. ulyssiponensis* после кормовых экскурсий стремятся вернуться на привычное место. Они также стараются не покидать твердых поверхностей, так как особь, перевернувшись брюшной стороной вверх, обычно быстро съедаются хищники. Это почти исключает вероятность, что животное заползет на корпус судна и отложит там яйца, которые в дальнейшем будут перенесены в другую акваторию. Косвенно данное обстоятельство подтверждается отсутствием находок Patellidae в обрастании морских судов.



Рисунок. А – карта-схема находок видов рода *Patella* в Чёрном море: 1–4 – по: Ревков, 2015; 5 – наши данные; 6, 7 – Соничева Л.В. и 8, 9 – Антонова И.М., Сочинское географическое общество (устные сообщения), 10 – по: Куракин, 2023; 11 — по: Aydın et al., 2021; 12 — по: Çulha et al., 2007; 13 — по: Güngör, Turan, 2019. Б – станции отбора проб и обнаружения *Patella ulyssiponensis* (1–3): 1 – внешняя сторона южного мола Сочинского порта; 2 – волнорез пляжа ЖК “Александрийский маяк”

Таблица. Морфометрические показатели исследованных особей *Patella ulyssiponensis* (среднее \pm среднеквадратичное отклонение, в скобках – минимум и максимум)

Показатель	Станция 1	Станция 2
Длина раковины, мм	34.4 \pm 1.1 (21.4–43.0)	26.9 \pm 0.5 (19.1–35.1)
Ширина раковины, мм	27.9 \pm 1.2 (15.2–43.0)	21.7 \pm 0.5 (17.3–29.1)
Высота раковины, мм	14.5 \pm 0.6 (7.0–18.1)	12.2 \pm 0.3 (8.1–20.0)
Высота/Длина	0.43 \pm 0.05 (0.33–0.53)	0.45 \pm 0.07 (0.35–0.62)
Масса особи, г	5.99 \pm 0.50 (0.90–10.06)	3.68 \pm 0.28 (1.10–6.67)

Тем не менее, мы допускаем возможность оседания личинок на корпусах судов и перенос взрослых животных в составе обрастания в новые акватории, где они выпустят в воду яйца, а их личинки образуют новую популяцию. Известно, что личинки *Patella* sp. в португальском порту при оседании предпочитали пластиковые панели скальным породам. С этой точки зрения интересен факт обнаружения пустой раковины *P. ulyssiponensis* на берегу р. Волги (район Куйбышевского водохранилища), куда она могла быть занесена только в составе обрастания судна. Морфометрические показатели также важны для оценки источника происхождения популяции. Черноморские *Patella* spp. имели существенные отличия от средиземноморских особей тех же видов. Исследованные нами особи были несколько мельче, но имели более высокую раковину в сравнении с таковыми из Черного и Средиземного моря.

В заключение отметим, что для уточнения видовой принадлежности обнаруженного вида необходимы сравнительные генетические исследования черноморской южной и кавказской популяций.

Работа выполнена в рамках НИОКТР 122021300032-2 Государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова «Биоразнообразие и продуктивность экосистем заливов и бухт северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря в условиях интенсификации судоходства».

ОСОБЕННОСТИ ЗАРАЖЕНИЯ ЧЕРНОМОРСКОГО ГРЕБНЕВИКА *PLEUROBRACHIA PILEUS* (O. F. MÜLLER, 1776) НЕМАТОДОЙ *HYSTEROETHYLACIUM ADUNCUM* (RUDOLPHI, 1802) В ЛЕТНИЙ СЕЗОН

Силаков М. И., Темных А. В., Завьялов А. В., Чудиновских Е. С.
Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, ilmihvokalis@mail.ru

Исследования выполнены на базе Центра коллективного пользования “НИС Профессор Водяницкий” Института биологии южных морей. Сбор материала производили в июле–августе 2022 г. во время 123 рейса НИС “Профессор Водяницкий” в районе южного и юго-восточного побережья Крыма (Чёрное море) на 12 глубоководных станциях (нумерация станций с запада на восток) сетью Хенсена (диаметр входного отверстия 70 см, ячея 400 мкм).

На исследуемом полигоне за период работ обнаружено 685 экз. *Pleurobrachia pileus* (O.F. Müller, 1776), размеры которых (орально-аборальная длина тела) составляли от 4 до 22 мм. В выборке преобладали неполовозрелые особи *P. pileus* с длиной тела менее 10 мм, которые составили 62.3% от общего числа (рис. 1). Наибольшая численность зафиксирована у групп размером 5, 8 и 9 мм. Минимальная численность *P. pileus* отмечена на станциях с наибольшей температурой поверхностной воды (26.4–26.9°C).

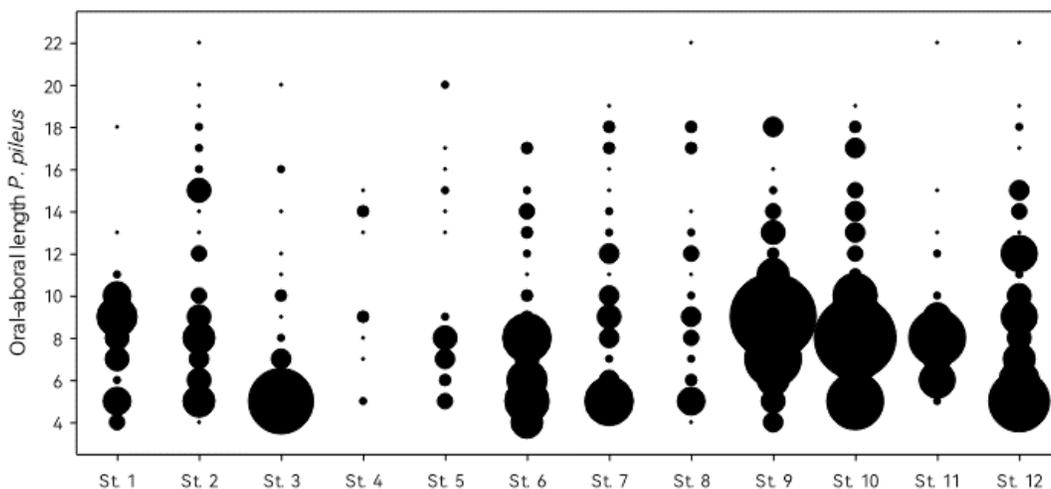


Рисунок 1. Численность *Pleurobrachia pileus* разных размерных групп на станциях

На 10 из 12 станций (таблица) обнаружены 46 особей *P. pileus*, зараженных нематодой *Hysterothylacium aduncum*, что составляет 6.9% от общего числа исследованных гребневиков. Наибольшее количество зараженных особей, 9 экз. в одной пробе, обнаружено на станции 10. Среди зараженных гребневиков

только один был менее 10 мм, остальные зараженные экземпляры были крупнее. Максимальное количество нематод в одной особи *P. pileus* не превышало 2 экз.

Высокий индекс обилия зараженности (0.67–0.75) у особей *P. pileus* размерных групп 17–19 мм незначительно влияет на одноименный индекс для всей выборки, так как общая численность гребневиков таких размеров составляет всего 6%. Однако среди *P. pileus* размером 17 и 18 мм зарегистрировано наибольшее количество зараженных особей – 11 и 10 экз. соответственно. Крупные особи свыше 20 мм представлены единичными экземплярами и составляют менее 1% от общей численности. Доля половозрелых особей размером более 10 мм на станциях находится в диапазоне 15–44%, а для всей выборки составляет 34.7% , что меньше ранее полученных значений за этот же сезон в южной части Черного моря, где наблюдалась обратная картина [1].

Таблица. Распределение по станциям биомассы и численности особей доминирующего размера и количества зараженных экземпляров гребневика *Pleurobrachia pileus*

Ст.№ п/п	Глубина, м	Биомасса, г/м ³	Численность			Доминирующие на станции особи			Зараженные особи, экз.	
			всего, экз.	экз./ м ³	особи >10 мм, %	размер, мм	всего, экз.	доля, %	всего, экз.	особи > 10 мм, экз.
1	140	0.14	46	0,9	24	9	10	22	1	1
2	137	0.40	59	1,2	42	5, 8	8	14	4	4
3	126	0.14	38	0,8	24	5	16	42	0	0
4	464	0.06	12	0,2	42	9, 14	3	25	2	2
5	353	0,14	28	0,5	29	8	6	21	2	2
6	1041	0.20	68	1,1	26	8	12	18	4	4
7	1318	0.22	54	0,8	44	5	12	22	6	6
8	1460	0.18	39	0,6	44	5	7	18	5	5
9	1460	0.34	106	1,4	39	9	21	20	6	6
10	1241	0.34	107	1,3	38	8	20	19	9	8
11	1178	0.12	46	0,7	15	8	14	30	0	0
12	264	0.24	82	1,0	39	5	15	18	7	7

Жизненный цикл нематоды *H. aduncum* связан со сменой хозяев при трофических отношениях [2], поэтому возможных предыдущих хозяев до *P. pileus* надо искать в рационе питания этого гребневика. В пищевых комках *P. pileus* копепода *Pseudocalanus elongatus* является второй по массовости и составляет до 30% от общего объема пищи [1]. Именно *P. elongatus* указывается

как первый промежуточный хозяин нематоды *H. aduncum* в Чёрном море, а представитель щетинкочелюстных *Sagitta setosa* – как второй.

Известно, что в Чёрном море массовое залегание *P. pileus* приходится на узкий слой толщиной 3–5 метров на глубинах более 50 м [1]. Здесь же концентрируются половозрелые особи *P. pileus* размером более 10 мм. Глубже расположены слои с высокой концентрацией копепода *Pseudocalanus elongatus* и у самой границы верхнего слоя сероводородной зоны – сагитты *S. setosa*. Копепода *P. elongatus*, совершая суточные миграции, проходит сквозь слой концентрации гребневика [3].

Таким образом, крупные половозрелые особи гребневика *P. pileus* имеют больше шансов приобрести трофическим путем нематоду от ее возможных хозяев *P. elongatus* и *S. setosa*, чем распределенные в верхних слоях воды неполовозрелые особи.

Работа выполнена в рамках Госзадания РАН № 124030100137-6 “Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана”

1. Mutlu E., Bingel F. Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. I. *Pleurobrachia pileus*. Marine Biology. 1999. V. 135, №. 4. P. 589–601. doi:10.1007/s002270050660
2. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. 223 с.
3. Темных А.В., Токарев Ю.Н., Мельников В.В., Загородняя Ю.А. Суточная динамика и вертикальное распределение пелагических Copepoda в открытых водах у юго-западного Крыма (Чёрное море) осенью 2010 г. // Морской экологический журнал. 2012. Т. 11, № 2. С. 75–84.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ РЕАКЦИИ ЖЕЛЕТЕЛОГО МАКРОПЛАНКТОНА АРКТИКИ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОГО ДНЯ

Силаков М. И., Темных А. В.

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, atemnykh@yandex.ru*

Биолюминесцентную реакцию светящихся видов желетелого макропланктона изучали в ходе 96-го научно-исследовательского рейса на НИС “Академик Мстислав Келдыш” в июле–августе 2024 г. во время полярного дня. Сбор материала осуществляли вертикальным тотальным ловом сетью ИКС-80. Температура заборной воды при сборе биологического материала находилась в диапазоне от -1.5 до 6.0°C. Активных и неповрежденных животных извлекали из проб и проводили постепенную многочасовую акклиматизацию к температурным условиям эксперимента в морском фильтрате приповерхностного слоя воды (ячейка фильтра 0.45 мкм). Эксперименты с желетелыми макропланктонными видами проводили в лаборатории при температуре воды от 14 до 16°C. Для стимуляции биолюминесценции использовали механический (введение морской воды для создания турбулентного потока) и химический (введение 95% этанола) методы.

У гребневиков рода *Beroe* при равной длительности биолюминесцентных сигналов энергетические показатели сигнала при химической стимуляции были намного выше, чем при механической, (рис. 1а). Для гребневиков рода *Pleurobrachia* амплитуда биолюминесцентного сигнала выше при механической стимуляции. Энергия сигнала намного слабее, чем у видов рода *Beroe* (рис. 1б).

У гидромедуз рода *Sarsia* при небольшой экспозиции в темноте уровень амплитуды при механической стимуляции очень низкий, зато при химической стимуляции импульсы сливаются в сплошную “гребенку” (рис. 1в). При длительной экспозиции в темноте амплитуда сигнала и энергия больше при механической стимуляции, биолюминесцентный отклик на химическую стимуляцию часто находится на пороге чувствительности прибора или отсутствует.

Биолюминесцентный сигнал у сифонофор характеризуется долгим и постепенным затуханием. Основная энергия сигнала приходится на первые две-три секунды биолюминесцентного отклика. Импульс с максимальной энергией (амплитудой) всего сигнала узкий и не превышает по длительности 0.1 с. Общая длительность биолюминесцентного отклика у сифонофор на порядок выше, чем у всех вышеперечисленных организмов и может достигать 60 с при химической стимуляции (рис. 1д), в то время как у гребневиков и медуз она составляет от 1 до 6 с. Амплитуда при механической стимуляции на порядок выше, чем при химической.

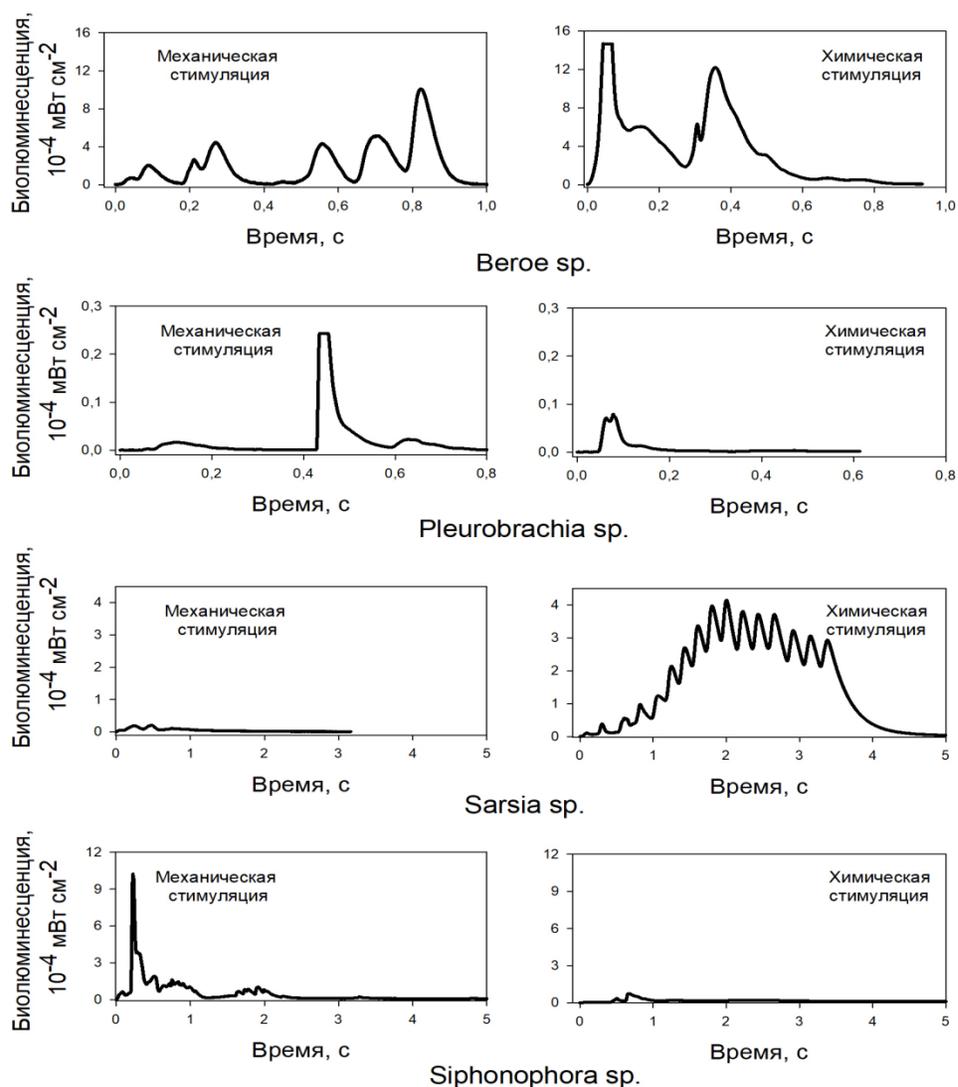


Рисунок 1. Типичные графики биоломинесцентного сигнала желетелого макропланктона Арктики

Данные о параметрах биоломинесцентного сигнала отдельных видов желетелых в Арктике практически отсутствуют [1]. Часто указывается интегральное значение совокупности всей энергии от светящихся видов на определенном горизонте, собранное с помощью зондирующих устройств [2]. Знание параметров биоломинесцентных сигналов светящихся планктонных организмов позволяет использовать их как для оценки физиологического состояния этих организмов (в том числе и реакции на различные поллютанты), так и для экспресс-оценки распределения планктонных организмов в столбе воды при вертикальном зондировании биоломинесцентными приборами [3].

Таким образом, в данной работе впервые для европейской части российской Арктики приведены результаты исследования параметров биолюминесцентного сигнала желетелого макропланктона. Последующий мониторинг биолюминесценции в этом районе позволит оценить степень влияния изменения климата и различных гидрологических процессов на светящиеся организмы.

Работа выполнена в рамках Госзадания РАН № 124030100137-6 “Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана”.

1. Johnsen G., Candeloro M., Berge J., Moline M. Glowing in the dark: discriminating patterns of bioluminescence from different taxa during the Arctic polar night // *Polar Biol.* 2014. V. 37. P. 707–713.
2. Shulman I., Cohen J.H., Moline M.A., et al. Bioluminescence potential during polar night^ impact of behavioral light sensitivity and water mass pathways // *Ocean Dynamics.* 2022. V. 72, № 11. P 775–784.
3. Токарев Ю.Н., Евстигнеев П.В., Машукова О.В. Планктонные биолюминесценты Мирового океана: видовое разнообразие, характеристики излучения в норме и при антропогенном воздействии. Симферополь: Н. Ореанда. 2016. 340 с.

ЗАВИСИТ ЛИ УСПЕШНОСТЬ ПРИКРЕПЛЕНИЯ И ВЫЖИВАНИЯ БАЛАНУСА *HESPERIBALANUS HESPERIUS* ОТ ОБИЛИЯ ОСОБЕЙ СВОЕГО ВИДА В ЭПИБИОЗЕ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА?

Силина А. В.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, allasilina@mail.ru

Жизненный цикл седентарного сублиторального балануса *Hesperibalanus* (= *Solidobalanus*) *hesperius* включает пелагическую личиночную стадию. Освоение морских субстратов его личинками приводит либо к постоянному прикреплению и метаморфозу, либо к гибели или отторжению от субстрата. *H. hesperius* распространен как эпибионт моллюсков и крабов и редко встречается на судах, гидротехнических сооружениях, камнях и гальке. Подходящим субстратом для поселения личинок балануса служат раковины подвижных моллюсков, так как они почти свободны от ила, а их шероховатость обеспечивает защиту от смывания личинок. Подвижность такого субстрата способствует снабжению осевшей молодежи пищей и кислородом.

Настоящее исследование посвящено изучению выживаемости молодежи балануса *H. hesperius* на раковинах приморского гребешка *Patinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis* в чистом открытом зал. Сивучья (зал. Петра Великого, Японское море), участок с песчаным грунтом. Сбор гребешков проводили в августе, в период поселения личинок балануса. На неподвижных субстратах в заливе *H. hesperius* не обнаружен, но найден на створках всех исследованных гребешков. На верхней створке каждого гребешка подсчитывали количество живых и мертвых баланусов и измеряли базальную длину каждой особи. По мере роста раковины гребешка потенциальный субстрат для поселения молодежи увеличивается, поэтому для минимизации влияния возраста гребешков на численность баланусов сравнивали их средние значения для средних по возрасту (5–8-летних) гребешков. Корреляционный анализ был применен для определения взаимосвязи между количеством поселившейся молодежи балануса (с базальной длиной до 2 мм, т.е. в возрасте менее 1 мес.) и обилием баланусов на створке до оседания личинок, которое было получено путем вычитания численности молодежи из общего числа баланусов на верхней створке гребешка.

Средняя численность баланусов на верхних створках гребешков составила 331.1–409.5 особей (максимальная – 772 особи; минимальная – 74); 38.5–48.3% из них были живыми. Частотное распределение обилия баланусов на верхних створках гребешков было необычным (рис. 1). Самые высокие частоты получены для минимальных и максимальных значений численности баланусов на створках. Примерно у четверти популяции гребешков на раковинах присутствовало минимальное количество баланусов; максимальной численность баланусов была у второй четверти популяции, а у половины

популяции моллюсков обнаружено среднее количество баланусов (рис. 1), то есть заселение створок было нерандомным, подчинялось определенным потребностям личинок и популяции балануса.

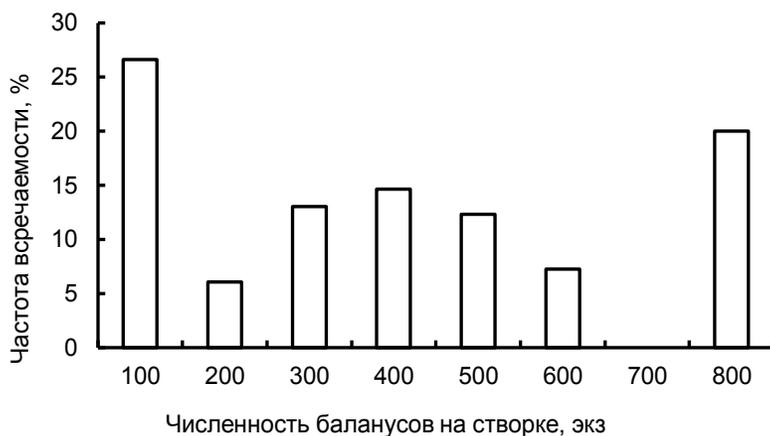


Рисунок 1. Распределение численности балануса *Hesperibalanus hesperius* на верхних створках 5-8-летних гребешков *Patinopecten yessoensis*, на песчаном грунте в бухте Сивучья залива Петра Великого Японского моря.

Корреляционный анализ показал, что количество молодежи значительно коррелировало с количеством баланусов на створке гребешка до прикрепления личинок. То есть, чем выше было обилие баланусов на створке гребешка, тем успешнее личинки селились на раковину, прикреплялись к ней и выживали. Коэффициент корреляции между количеством живых молодых баланусов и количеством живых баланусов до оседания личинок также статистически значим. Регрессионный анализ показал, что рассматриваемые взаимосвязи лучше и статистически более значимо аппроксимировались степенной кривой, а не прямой линией (рис. 2А, Б). Обилие молодежи, как их общая численность, так и количество живых особей, постепенно увеличивалось с повышением плотности баланусов на створке, но при плотности поселения выше 1.65 экз./см² оно уменьшалось.

Выявленная склонность баланусов к скученности (агрегированности) особей, до определенной степени, необходима для успешного воспроизводства изучаемого седентарного вида. Однако при повышенной плотности баланусов на створке гребешка успешность поселения молодежи заметно снижается. Скорее всего, это происходит из-за конкуренции за пищу и субстрат между баланусами, поскольку коэффициенты корреляции как между количеством живой молодежи и всех живых баланусов (потребителей пищи и кислорода) на створке, так и между численностью молодежи и общим количеством (живых и мертвых) баланусов на раковине (занимающих субстрат) статистически значимы.

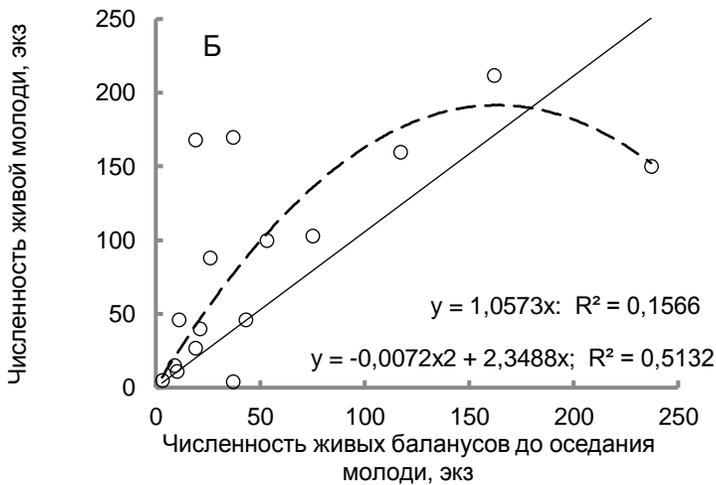
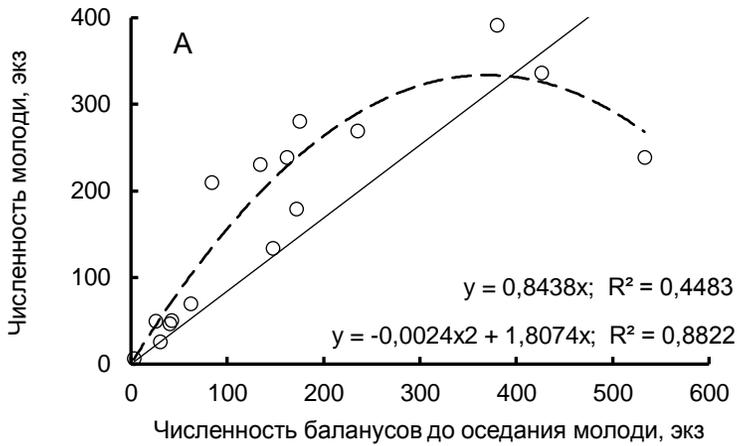


Рисунок 2. Обилие молоди балануса *Hesperibalanus hesperius* на верхних створках 5-8-летних гребешков *Patinopecten yessoensis*, обитающих в бухте Сивучья залива Петра Великого Японского моря. А – общее количество молоди в зависимости от общей численности баланусов перед оседанием личинок. Б – обилие осевших и выживших молодых особей в зависимости от количества живых баланусов на створке перед оседанием личинок. Приведены линейные и степенные линии регрессии с соответствующими им уравнениями и коэффициентами корреляции.

ИНДУКЦИЯ ГЕНЕРАТИВНОЙ ТРИПЛОИДИИ У ТИХООКЕАНСКИХ УСТРИЦ *CRASSOSTREA GIGAS* МЕТОДОМ ТЕПЛООВОГО ШОКА

Синенко А. В., Анисимова А. А., Лескова С. Е., Дмитриева И. А.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
sinenko.avia@dvfu.ru

Работа нацелена на отработку температурного метода получения жизнеспособного триплоидного спата тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* и подбор оптимальных условий для температурного блока мейоза при искусственном оплодотворении яйцеклеток. Триплоидные устрицы как объект аквакультуры обладают рядом преимуществ: ускоренным ростом, сохранением высоких органолептических показателей в течение всего года и устойчивостью к некоторым сезонным заболеваниям. В последние годы в связи с увеличением спроса на товарную устрицу и необходимостью получения больших объемов посадочного материала обозначился интерес к получению и выращиванию молодежи *C. gigas* в России, в том числе в морских хозяйствах южного Приморья. Назначение данной работы состоит в повышении темпов выращивания устриц до коммерческих размеров, улучшении товарного качества и вкусовых свойств конечного продукта в условиях приморских аквакультурных хозяйств. Несмотря на то, что марикультура является одним из ведущих направлений хозяйственной деятельности на российском Дальнем Востоке, собственные технологии получения триплоидных моллюсков, как и опыт применения уже имеющихся наработок (США, Франция, Япония, Китай) здесь отсутствуют.

В настоящей работе протестированы безопасность и эффективность температурного метода индукции генеративной триплоидии у тихоокеанской устрицы *C. gigas* при разных вариантах тепловой обработки оплодотворенных яйцеклеток. В экспериментальном режиме испытаны различные сочетания параметров: температура воздействия (32 и 36°C), продолжительность воздействия (3, 5, 10 и 15 мин) и время начала воздействия (15, 20, 25, 30, 35, 40 и 45 мин после оплодотворения). При использованной температуре стимуляции нереста (21°C) отделение второго полярного тельца в 50% яиц зафиксировано через 25 мин после оплодотворения, поэтому выбранный нами интервал воздействия (15–45 мин после оплодотворения) должен перекрывать оба деления мейоза вплоть до начала митотических делений зиготы.

Безопасность разных вариантов воздействия была проверена путем мониторинга выживаемости, роста и развития личинок на всем протяжении их культивирования до стадии молодежи (52 дня развития). В ходе культивирования выявлены критические стадии развития, когда выживаемость личинок драматически снижалась. В разных группах, обработанных температурой 32°C, выживаемость на одних и тех же стадиях варьировала от 1 до 99%. Независимо от условий эксперимента, наилучшую выживаемость демонстрировали эмбрионы на стадии трохофоры и осевшая молодежь при достижении возраста 42

и 52 сут. Критическими для всех групп оказались стадии велигера и великонха, на которых наблюдали массовую гибель личинок с последующей стабилизацией численности особей после осаждения на субстрат. Использование температуры 36°C во всех вариантах привело к гибели личинок на стадии велигера.

Эффективность разных вариантов воздействия в отношении индукции триплоидии проверена на разных стадиях: велигер (2 сут развития), великонх (10 сут развития) и педивелигер (26 сут развития). Для скрининга использовали групповой подход, основанный на совместной дезагрегации личинок одной группы до состояния клеточной суспензии с оценкой содержания ДНК в ядрах, высвобождающихся в коллективный образец, методом проточной цитометрии. Для оценки вклада отдельных особей в коллективную ядерную суспензию дополнительно производили индивидуальную оценку плоидности личинок методом компьютерного анализа Z-стеков, полученных с помощью конфокального микроскопа.

Сопоставление результатов, полученных двумя этими методами, показало, что на поздних сроках тепловой обработки проточная цитометрия имеет серьезные ограничения в определении точного количества триплоидов в исследуемом образце. Так, анализ совместных дезагрегатов (коллективных ядерных суспензий) выявил две волны триплоидизации ядер: при воздействии через 25–30 и через 45 мин после оплодотворения. Однако прицельный микроскопический анализ личинок в этих группах показал, что тепловая обработка через 45 мин после оплодотворения приводит к образованию большого количества гетероплодных мозаик, которые при совместной дезагрегации высвобождали ядра разной плоидности, в том числе и триплоидные. Тем самым, эти особи имитировали большое количество триплоидных личинок в группе, хотя реально их доля не превышала 20%. Кроме триплоидных ядер, в составе таких гетероплодных мозаик выявлялись тетра- и пентаплоидные ядра. Через 45 мин значительная часть оплодотворенных яиц у тихоокеанской устрицы уже завершала деления созревания и входила в первое митотическое деление дробления. Соответственно, тепловое воздействие, предпринятое нами на этом сроке, могло привести к тетраплоидизации зигот за счет остановки митоза с последующим превращением тетраплоидов в гетероплодные мозаики. Во всех экспериментальных группах, обработанных через 45 мин после оплодотворения, двухдневные гетероплоиды характеризовались дефицитом клеток по сравнению с диплоидами; эмбрионы в этих группах погибли раньше, чем достигли первой личиночной стадии, в отличие от многих групп, обработанных на более ранних сроках (не позже 30–35 мин). Особый интерес представляют группы с высоким уровнем триплоидии, полученные нами в результате теплового воздействия через 15 и 25 мин после оплодотворения, что соответствует времени отделения первого и второго полярных телец. Индивидуальный анализ личинок на предмет плоидности методом конфокальной микроскопии показал, что реальное количество триплоидных особей в таких группах даже выше того, что регистрирует

проточная цитометрия в групповых дезагрегатах, и составляет около 50%. Так, среди двухдневных велигеров, полученных путем 5-минутного воздействия температуры 32°C через 25 мин после оплодотворения, мы насчитали 49.4% триплоидов, 31.8% диплоидов и всего 18.8% гетероплоидных мозаик. Последние не имели дефицита клеток и содержали в своем составе диплоидные ядра, которые искусственно завышали количество диплоидов при анализе групповых дезагрегатов. Судя по всему, такие гетероплоиды отличаются по своей природе от тех, что получались при воздействии через 45 мин после оплодотворения, и представляют собой продукт обратной редукции триплоидного набора до диплоидного в некоторой части клеток, как сообщалось выше. Высокий уровень содержания триплоидов в этой группе сохранялся и на 10-е сут развития (великонх), составляя 48.1%.

Установлено, что воздействие температуры 32°C является эффективным и безопасным методом получения триплоидных личинок *C. gigas* при его использовании не позднее 30 мин после оплодотворения. Удлинение временного интервала между оплодотворением и тепловым воздействием ведет к появлению нежизнеспособных гетероплоидных особей с дефицитом клеток. Оптимальным режимом применения температурного метода показала себя кратковременная (5 мин) обработка яиц температурой 32°C, начинавшаяся через 25 мин после оплодотворения при температуре нереста 23°C. При дальнейшем культивировании из этих личинок был получен жизнеспособный спат.

Работа выполнена в рамках темы НИОКР № 24-05-1.06-0006.

ПОЛИКУЛЬТУРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ МОРСКИХ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ЭКСПОЗИЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ

Соколов А.С.

Филиал Федерального Государственного Бюджетного Учреждения Науки
«Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского»
Дальневосточного Отделения Российской Академии Наук – Научно-
образовательный комплекс «Приморский океанариум»

В рамках постоянных мероприятия по выращиванию и содержанию в искусственных условиях морских водорослей-макрофитов, используемых в «Приморском океанариуме» в экспозиционных целях, были проведены работы по совместному поликультурному выращиванию основных используемых видов, таких как: *Codium yezoense*, *Ulva fenestrata*, *Desmarestia viridis*, *Saccharina cichorioides*, *Saccharina japonica*, *Costaria costata*, *Undaria pinnatifida*, *Sargassum miyabe*, *Sargassum pallidum*, *Cystoseira crassipes*, *Porphyra pseudolinearis*, *Tichocarpus crinitus*, *Chondrus armatus*, *Rhodomella tenuissima*, *Odontalia corymbifera* и *Polysiphonia japonica*.

Спороносящие талломы (либо их участки) были помещены в танк объемом 2000 л. (150*150*90 см.) с активной аэрацией (300 л/ч) в нескольких точках, 12 часовым световым днем, световой температурой 7500К, подменной воды 150 л/ч., 18/6 ч., T=11°C. По мере отмирания спороносящие талломы водорослей подменялись на новые. Для закрепления оседающих спорофитов на дно танка была выложена разноразмерная (от 15 до 40 см²) галька.

По результатам работ можно выделить несколько групп водорослей по степени интенсивности роста и размножения.

1 группа - *Desmarestia viridis*, *Saccharina cichorioides*, *Saccharina japonica*. Наиболее интенсивно размножающиеся и растущие виды. Прореживание талломов обоих видов *Saccharina* производилось каждые 3 недели (150-200 талломов) по достижении ими 25-30 см. длины с последующей пересадкой на поводцы и помещение в более глубокие емкости на доращивание. Прореживание *Desmarestia viridis* происходило еженедельно (10-15 талломов) по достижении длины 15-20 см., оставлялись только спорофиты, закрепившихся на галечном грунте.

2 группа - *Codium yezoense*, *Ulva fenestrata*, *Undaria pinnatifida*, *Costaria costata*, *Tichocarpus crinitus*, *Chondrus armatus*. Данная группа отличается значительно меньшей интенсивностью размножения (5-12 новых талломов в месяц), сохраняя при этом достаточно высокую интенсивность роста.

3 группа - *Porphyra pseudolinearis*, *Rhodomella tenuissima*, *Odontalia corymbifera* и *Polysiphonia japonica*. Минимальные темпы размножения (1-4 новых таллома в месяц) при сохранении среднего или высокого темпа роста.

4 группа - *Sargassum miyabe*, *Sargassum pallidum*, *Cystoseira crassipes*. Единичные нерегулярные оспоривания субстрата.

5 группа – случайно занесенные в танк виды: *Ectocarpus confervioides*, *Leathesia difformis*, *Chordaria flagelliformis*, *Lithotamnion phymatodeum*, *Callophyllis rhyncocarpa*. В данную группы внесены виды, не имеющие экспозиционной ценности, либо имеющие слишком низкие темпы роста, а также виды, имеющие отрицательную экспозиционную ценность. Часть из них заносилась случайно с талломами других видов водорослей, часть попадала случайно с подменной воды в состоянии спор. К числу видов, имеющих низкую экспозиционную ценность, можно отнести *Leathesia difformis* и *Chordaria flagelliformis*. Они были внесены с талломами других видов водорослей и галечным субстратом. *Lithotamnion phymatodeum* можно отнести к видам, имеющим экспозиционную ценность для холодноводных аквариумов малого объема, но при этом он отличается низким темпом роста, превышающим однако таковой в природных условиях. *Ectocarpus confervioides* относится к инвазивным видам с крайне высокими темпами роста, являющимся активным загрязнителем экспозиции. Для контроля численности данного вида использовались содержащиеся в танке голотурии *Apostichopus japonicus*. При своевременном прореживании танка от крупных талломов *Saccharina*, *Undaria* и *Costaria*, данные голотурии активно используют эктокарпус в качестве пищевого объекта, поддерживая его численность на приемлемом уровне. Отдельно следует упомянуть *Callophyllis rhyncocarpa*, имеющую достаточно высокую экспозиционную привлекательность, но встречающуюся в окружающей акватории единично и так же единично отмеченную в танке, занесенную вероятнее всего с проточной водой в споровом состоянии.

Также следует отметить, что оседание спор в 98% происходило на вертикальных поверхностях.

Исследования проведены на площадке ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток)

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КУРИЛЬСКОГО ПОДВИДА ОБЫКНОВЕННОГО ТЮЛЕНЯ (*PHOSA VITULINA STEJNEGERI*) ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МЕЧЕНИЯ

Соловьева М. А.¹, Ильина П. О.¹, Мамаев Е. Г.², Рожнов В. В.¹

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва*

² *Национальный парк "Командорские острова" им. С.В. Маракова, с. Никольское*

Обитающий в дальневосточных водах России, в том числе на Командорских островах (Мамаев, 2018), антур *Phoca vitulina stejnegeri* (курильский подвид обыкновенного тюленя, островной тюлень, тюлень Стейнегера), один из пяти подвидов обыкновенного тюленя *Phoca vitulina*, занесен в Красную книгу Российской Федерации (2021). Современные работы, посвящённые данному подвиду, касаются, в основном, вопросов численности (Загребельный, Фомин, 2012; Мамаев, 2018, 2023), а биология и экология подвида остаются недостаточно изученными. Ранее проводилось спутниковое мечение антуров на Командорских островах (Мамаев, Белонович, 2022), но из 7 установленных меток только одна передавала данные более двух месяцев, что не позволило провести анализ сезонных перемещений животных и принципов выбора местообитаний. Цель данной работы – описать перемещения курильского подвида обыкновенного тюленя, сопоставив эти перемещения с некоторыми факторами среды.

Отлов животных проводили в период с 5 по 12 августа 2022 г. на Командорских островах в двух точках: на мысе Сулковского на северо-западной оконечности о-ва Медный и в бухте Старая Гавань на восточном берегу о-ва Беринга. Всего отловлена 21 особь разного пола и возраста. Животных разделили на 3 возрастные группы: молодые (juv) – тюлени в возрасте от 0 до 1 года (сеголетки), неполовозрелые (subad) – неполовозрелые тюлени от 2 до 5 лет и взрослые (ad) – половозрелые тюлени от 6 лет и более. Для мечения использовали спутниковые радиометки “Пульсар” (ЗАО “Эс-Пасс”, Россия).

Один из установленных передатчиков не передал ни одного сигнала. Остальные 20 меток передавали данные от 14 до 280 сут (средняя продолжительность работы передатчика – 158 сут). Максимальное расстояние, пройденное тюленями за всё время прослеживания, составило 10423 км за 266 сут. Самки в среднем преодолевали по 42.6 ± 16.4 км/сут, самцы – 29.3 ± 14.3 км/сут. При сравнении пройденной за сутки дистанции не обнаружено значимых различий между самцами и самками (t-критерий Стьюдента, $t = 1.6229$, $p > 0.05$). Животные в возрастной группе молодых (juv) в среднем преодолевали 40.4 ± 20.9 км/сут, в возрастной группе неполовозрелых животных (subad) – 38.3 ± 17.4 км/сут, в возрастной группе взрослых (ad) – 27.0 ± 10.7 км/сут. Для животных разного возраста значимых различий по средней пройденной за сутки дистанции также не обнаружено (критерий Краскела-Уоллиса, $H = 3.46$, $p > 0.05$).

Между средней дистанцией, проходимой за сутки, и индексом массы тела выявлена отрицательная корреляция ($R = -0,29$) на границе слабой и умеренной. При расчёте корреляции для каждого пола отдельно среди самок она составила -0.48 , среди самцов $-0,21$ и отдельно для возрастных групп среди *juv* -0.59 , *subad* -0.72 , *ad* -0.13 .

За все время работы передатчиков тюлени регистрировались только вблизи Командорских островов. Лишь одна самка, помеченная в бухте Старая Гавань на о-ве Беринга (передатчик №234313), за время прослеживания не покидала район мечения. Тюлени, помеченные на о-ве Медный архипелага Командорские острова, активно использовали районы северной (м. Северо-Западный, Бобровые камни) и южной (Юго-Восточное лежбище) оконечностей этого острова, реже регистрировались в многочисленных бухтах в других частях острова. Из 19 животных, помеченных на о-ве Медный, 5 (26%) за время прослеживания регистрировались у побережья о-ва Беринга (два из них для залегания использовали в основном м. Монати, ещё два – м. Толстый и один – район б. Перегребной).

Всё время прослеживания антуры держались близко к берегу, среднее удаление от берега составило 3.9 км, максимальное – 47.1 км. Расстояние, на которое животные удалялись от берега, различалось как между животными разного пола (критерий Манна-Уитни, $U = 9111825$, $p < 0.05$), так и разного возраста (критерий Краскела-Уоллиса, $H = 110.7$, $p < 0.05$). Самки и молодые тюлени (возрастные группы *juv* и *subad*) удалялись на большее расстояние от берега.

Глубина акватории, в которой регистрировались животные, различалась как между животными разного пола (критерий Манна-Уитни, $U = 8904033$, $p < 0.05$), так и разного возраста (критерий Краскела-Уоллиса, $H = 2$, $p < 0.05$). Самки предпочитали районы моря с меньшей глубиной. Среди тюленей разных возрастов в самых глубоких водах находилась группа молодых животных (*juv*), группа неполовозрелых (*subad*) предпочитала глубины меньшие, но более глубокие, чем те, в которых находилась группа половозрелых особей (*ad*).

Исследование проведено в рамках Межведомственной комплексной программы научных исследований Камчатского полуострова и сопредельных акваторий.

О ПОИМКЕ ЛИСИЧКИ-ЛЕПТАГОНА *LEPTAGONUS DECAGONUS* (AGONIDAE, COTTOIDEI, PERCIFORMES) В ВОДАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Соломатов С. Ф.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН, Владивосток, solosf@yandex.ru

Количество видов, обитающих в определенном районе, является одной из важных характеристик его биологического разнообразия. При составлении списков видового разнообразия опираются на данные полевых исследований и анализ имеющихся литературных сведений о поимках видов исследуемой акватории. В первом случае сложность состоит в достоверности определения вида сборщиками, так как нередко это происходит не в камеральных условиях и зависит от квалификации коллектора. В случае с анализом литературных источников зачастую предпочтительнее опираться на издания и авторов, заслуживающих доверия. Оптимальным является вариант, когда экземпляр, по которому приведено описание поимки, сохранен, что дает возможность проверить достоверность определения.

Семейство лисичковые Agonidae по числу входящих в него видов является одним из самых многочисленных для Японского моря. Лисичка-лептагон (в некоторых источниках гренландская или длинноусая лисичка) *Leptagonus decagonus* (Bloch & Schneider, 1801) фигурирует во многих списках лисичек Японского моря, и все они ссылаются на поимку 1913 г., сделанную В. Белоусовым в заливе Чихачева (устар. Де-Кастри) в северной части Татарского пролива. Экземпляр №24170 хранится в Зоологическом институте РАН (г. Санкт-Петербург) [1].

Лисичка-лептагон имеет широкий ареал, в основном относящийся к Северному Ледовитому океану. Является довольно массовым видом в северной части Атлантического океана, у канадского и североевропейского побережья, ее поимки отмечены также в Беринговом и Охотском морях [2]. Предпочитаемыми глубинами для нее являются 120–350 м, хотя есть сведения и о поимках на глубине до 930 м. Минимальная глубина поимки лисички-лептагона – 24 м [1]. Данных об обитании этого вида в циркумлитеральной зоне нет. Ближайшая к границам Японского моря точка, где отмечался этот вид – северо-восточное охотоморское побережье о-ва Сахалин.

Подробное изучение экземпляра *Leptagonus decagonus* №24170 из коллекции Зоологического института подтвердило, что образец действительно относится к *Leptagonus decagonus*. К тому же, согласно двум дополнительным этикеткам, это определение в свое время также проверяли В.К. Солдатов и Г.У. Линдберг.

Сомнения вызывает место поимки. Согласно этикетке, экземпляр лисички-лептагона пойман неводом около устья реки Сомон (кутовая часть зал.

Чихачева), где глубины, в соответствии с картами, составляют около 1–2 м, то есть абсолютно нехарактерны для этого вида. О глубинах можно судить и по орудию лова – невод применяется на малых глубинах. К тому же из-за впадения реки Сомон воды в этом месте достаточно распресненные (22.2‰) [3]. А нижний предел солености для рассматриваемого вида составляет 27.4‰ при предпочитаемой 34.5‰ [2]. Совокупность всех фактов – нехарактерные глубина и соленость, а также значительная удаленность к югу ареала, заставляет усомниться в правильности указания места поимки. Существует вероятность, что при внесении в коллекцию могла произойти путаница этикеток. В пользу такой версии говорит тот факт, что более чем за столетнюю историю ихтиологических исследований, интенсивность которых в Татарском проливе значительно возросла, лисичка-лептагон ни разу больше не встречалась в уловах.

Таким образом, указание поимки лисички-лептагона в водах Японского моря скорее всего является ошибочным и требует дальнейшего документального подтверждения.

Автор выражает благодарность сотрудникам ЗИН РАН (Санкт-Петербург) В.П. Пальм за помощь в работе с коллекциями и Б.А. Шейко за ценные консультации по интерпретации материала.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124021900011-9.

1. Шейко Б.А., Фёдоров В.В. Каталог фондовой коллекции Зоологического института РАН. Класс Костистые рыбы (Osteichthyes). Отряд Окунеобразные (Perciformes). Семейство Agonidae // Исследования фауны морей. Т. 63 (71). СПб.: ЗИН РАН, 2010. 118 с.
2. Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Sheiko B.A., Steinke D. Pacific Arctic Marine Fishes. Akureyri, Iceland: Conservation of Arctic Flora and Fauna, 2016. vi+377 p.
3. Ившина Э. Р. Современное состояние нерестилищ декастринской сельди (*Clupea pallasii* Val.) в зал. Чихачева (Японское море) // Прибрежное рыболовство – XXI век : Материалы междунар. науч.-практ. конф. (19–21 сент. 2001 г.): Тр. СахНИРО. Ю-Сах. : Сах. книж. изд-во, 2002. Т. 3, ч. 1. С. 44–53.

ОПИСАНИЕ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА ИНТЕГУМЕНТА СИМБИОТИЧЕСКИХ НЕМЕРТИН РОДОВ *CARCINONEMERTES* И *ASTERONEMERTES* (НОПЛОНЕМЕРТЕА)

Сошникова П. Д.¹, Магарламов Т. Ю.²

¹Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, polin.dm@mail.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, biotimur@yandex.ru

Известно, что среди немертин встречаются симбионты различных морских беспозвоночных, таких как морские звезды, десятиногие ракообразные и двустворчатые моллюски. Переход к симбиотическому образу жизни не мог не привести к смене структурной и функциональной адаптации организма, и адаптации, в первую очередь, должны были затронуть интегумент немертин, как наиболее уязвимую к воздействию окружающей среды структуру. Однако большинство исследований, посвященных изучению кожных покровов гопплонемертин, со временем утратили свою актуальность. В текущем исследовании мы изучили клеточный состав интегумента двух гопплонемертин: паразита ракообразных *Carcinonemertes* sp., и комменсала морских звезд *Asteronemertes* sp.

Особи *Asteronemertes* sp. собраны в Японском море (43.16.4 с.ш., 134.59.2 в.д.) на глубине 94–95 м из амбулакральных борозд морской звезды *Solaster pacificus*, представители *Carcinonemertes* sp. – в зал. Восток, Японское море (42.53.00 с. ш., 132.45.0 в. д.) из яичевых масс краба *Hemigrapsus* sp. Материал фиксировали 2.5%-ым раствором глутаральдегида на 0.2М какодилатном буфере (КБ) с добавлением 0.15М хлорида натрия с последующей промывкой в КБ и постфиксацией 1%-ым раствором OsO₄. После обезвоживания в этиловом спирте и ацетоне материал заливали в смесь эпоксидных смол эпона и аралдита. Поперечные полутонкие (700 нм) и ультратонкие (65 нм) срезы получали на ультрамикротоме LeicaUC6 (Leica Microsystems, Германия). Исследование строения кожных покровов на полутонких срезах производили на световом микроскопе Axio Imager.Z2 (Japan) с окрашиванием метиленовым синим (Sigma, USA). Ультраструктурные исследования клеточного состава проводили с помощью электронного микроскопа Ultra Plus (Zeiss).

Интегумент гопплонемертин *Asteronemertes* sp. и *Carcinonemertes* sp. состоит из эпидермиса, в основании которого лежит базальная ламина, и экстрацеллюлярного матрикса (ЭЦМ). Эпидермис формируют специализированные ресничные и железистые клетки, а также неклеточный базальный слой. Ресничные клетки имеют вытянутую воронкообразную форму с расширенной апикальной частью, узким телом и вытянутой тонкой ножкой. Расположенные в телах ресничных клеток ядра также неправильной вытянутой

формы. Характеристика железистых клеток каждого вида немертин представлена в таблице.

Таблица. Типы железистых клеток интегумента симбиотических гоплонемертин *Asteronemertes* sp. и *Carcinonemertes* sp.

Вид немертины	Тип клеток	Наличие	Расположение	Диаметр гранул, мкм	Содержимое гранул, ТЭМ
<i>Asteronemertes</i> sp.	mu I	+	эп	1.0	Рыхлый фибриллярный материал
<i>Carcinonemertes</i> sp.		+	см		
<i>Asteronemertes</i> sp.	mu II	+	эп	0.3–0.8	Гетерогенное: гомогенное вещество средней электронной плотности и фибриллярный материал.
<i>Carcinonemertes</i> sp.		+	см	0.6–1.0	
<i>Asteronemertes</i> sp.	gr I	–	–	–	–
<i>Carcinonemertes</i> sp.		+	см	0.5–1.4	Гомогенное вещество средней и высокой электронной плотности
<i>Asteronemertes</i> sp.	gr II	+	эп	0.3–0.6	Гомогенное вещество средней электронной плотности
<i>Carcinonemertes</i> sp.		+		0.1–0.3	

Условные обозначения: gr I–II – гранулярные клетки I/II типа; mu I–II – слизистые клетки I/II типа; см – субмышечное и эп – эпителиальное расположение.

Таким образом, в составе интегумента исследованных нами немертин выявлены сходные по строению и структуре секрета клеточные типы. Основным отличием явилось наличие погруженных субмышечных желез у *Carcinonemertes* sp., вероятно, необходимых для увеличения синтеза секрета, формирующего клейкую трубку вокруг червя. Определение биохимического состава синтезируемого секрета и его влияния на гидробионтов-хозяев требует дальнейших исследований.

Работа выполнена в ЦКП “Приморский океанариум”, ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток) в рамках НИР № 124022500262-6 “Пластичность нервной системы в процессе онтогенеза, при действии факторов внешней среды и биологически активных соединений”

ФЛОРОТАННИНЫ ИЗ МОРСКОЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *SARGASSUM PALLIDUM* – КОРРЕКТОРЫ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ

Спрыгин В. Г.

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, vsprygin@poi.dvo.ru

Окисление этилового спирта приводит к нарушению метаболических процессов и образованию продуктов, вызывающих токсическое поражение органов и тканей, в первую очередь печени. Это приводит к развитию алкогольной болезни печени (АБП), которая является главной причиной формирования ряда хронических патологий этого органа. Для профилактики АБП актуальна разработка препаратов на основе природных комплексов, способных максимально облегчить патологические изменения в печени при алкогольной интоксикации.

Перспективным способом решения данной проблемы, является введение в пищу растительных антиоксидантов, в частности, полифенольных соединений (ПФ). ПФ традиционно входят в пищевой рацион человека и имеют низкий уровень токсичности. В связи с ограниченностью ресурсной базы наземных растений важное значение приобретают морские водоросли, которые широко используются как в виде пищи, так и в качестве исходного сырья для производства различных комплексов биологически активных веществ с высокой фармакологической активностью.

Среди ПФ соединений морских макрофитов выделяется группа флоротаннинов (ФТ), которые встречаются только в бурых водорослях и обладают широким спектром биологической активности. ФТ в значительных количествах обнаружены в произрастающих в Японском море видах рода *Sargassum*, включая *Sargassum pallidum*. Цель данной работы – изучение влияния комплекса ФТ, выделенного из *S. pallidum* (ФТС), на показатели углеводного обмена у крыс в условиях острой алкогольной интоксикации.

Водоросли собирали в августе–сентябре в зал. Петра Великого Японского моря (пролив Старка, о-в Попова). Высушенные водоросли измельчали и выделяли из них комплекс ФТ. Идентификацию ФТ проводили на основании сравнения ИК-спектров ФТС и сходного по составу комплекса ФТ из бурой водоросли *Eisenia bicyclis*. Содержание флоротаннинов в ФТС составило $82 \pm 3\%$. Антирадикальная активность ПФ-фракции из *S. pallidum* по отношению к катион-радикалу АВТС⁺ составила 14.8 мкмоль ТЕАС/мг экстракта, тогда как по отношению к алкоксил-пероксидным радикалам она составила 5.6 мкмоль ТЕАС/мг.

Эксперимент проводили на беспородных белых крысах-самцах массой тела 170–180 г. Все животные содержались в стандартных условиях вивария, получали стандартный виварный рацион и воду *ad libitum* в течение всего

времени эксперимента. Для формирования алкогольной интоксикации в течение 7 сут крысам 2 раза в сутки внутривентриально вводили 33% этиловый спирт в дозе 7.5 мл/кг массы тела животного. Параллельно с введением этанола животным внутривентриально через зонд один раз в сутки вводили водный раствор ФТС в дозе 100 мг/кг массы тела. Животных делили на 3 группы по 10 особей в каждой: 1-я – контроль (К); 2-я – введение этанола (Э); 3-я – введение этанола + ФТС (ЭФ). Через 7 сут от начала опыта животных выводили из эксперимента. Эффективность ФТС оценивали по его влиянию на биохимические показатели печени и крови. В крови определяли уровень глюкозы. В печени определяли содержание восстановленных и окисленных метаболитов углеводного обмена, а также никотинамидных коферментов НАД⁺ и НАДФ⁺ и активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ).

Введение 33%-го этилового спирта (группа “Э”) привело к развитию алкогольной интоксикации, которая сопровождалась характерными изменениями биохимических показателей углеводного обмена в крови и печени крыс. Содержание НАД⁺ в печени у животных в группе “Э” было на 38% ($p < 0.01$) ниже по сравнению с контролем (К). При снижении коэффициента НАД⁺/НАДН меняется соотношение метаболитов в ЛДГ и Г-3-ФДГ челночных циклах. Содержание лактата в группе “Э” увеличилось на 32% ($p < 0.05$), а Г-3-Ф – на 52% ($p < 0.05$) на фоне снижения содержания пирувата на 32% ($p < 0.05$) и ДАФ на 37% ($p < 0.01$) по сравнению с контрольными значениями. Расчет отношения НАД⁺/НАДН по ЛДГ показал его снижение до величины 432 против 833 в контроле, а для Г-3-ФДГ – 398 против 960 соответственно. Такие изменения в показателях углеводного обмена свидетельствуют о преобладании анаэробных процессов над аэробными. Сдвиг равновесия в сторону преимущественного превращения пирувата в лактат, а ДАФ в Г-3-Ф, приводит к снижению активности реакций глюконеогенеза, что выражается в снижении уровня глюкозы в плазме крови на 56% ($p < 0.001$). Интоксикация этанолом, сопровождалась снижением на 22% ($p < 0.05$) активности Г-6-ФДГ, ключевого фермента пентозофосфатного пути окисления глюкозы, в результате снижения на 37% ($p < 0.05$) содержания НАДФ⁺, кофактора, регулирующего активность данного фермента.

Полученные данные свидетельствуют о смещении окислительно-восстановительного баланса в печени, что привело к нарушению углеводно-энергетического обмена. Сложившееся соотношение параметров углеводного обмена отражает состояние тканевой гипоксии и нарушение аэробных процессов, сформировавшееся в результате окисления этилового спирта.

Профилактическое применение комплекса ФТ из *S. pallidum* оказывало нормализующее воздействие на окислительно-восстановительный баланс печени и показатели углеводного обмена. Содержание окисленной формы НАД⁺ в печени животных группы “ЭФ” было на 58% ($p < 0.001$) выше, чем в группе “Э” и не отличался от такового в группе “К”. Расчет соотношения НАД⁺/НАДН в печени животных, получавших комплекс ФТ как по ЛДГ-реакции, так и по Г-

ЗФДГ, показал рост этого показателя более чем в 2 раза по сравнению с группой “Э” и соответствовал уровню контрольных животных. Содержание восстановленных продуктов ЛДГ и Г-3-ФДГ реакций лактата и Г-3-Ф было ниже, чем в группе “Э” на 27% ($p < 0.01$) и 51% ($p < 0.001$) соответственно, а пирувата и ДАФ выше на 46% ($p < 0.001$) и 7% соответственно. При этом содержание вышеупомянутых метаболитов достоверно не отличались от таковых значений в группе “К”. Содержание глюкозы, превышало ее уровень в группе “Э”, более чем в 2 раза ($p < 0.001$). Снижение содержания лактата и Г-3-Ф при одновременном росте соотношения НАД⁺/НАДН указывает на снятие тканевой гипоксии и преобладание аэробных процессов над анаэробными.

Активность ключевого фермента пентозофосфатного цикла Г-6ФДГ в группе животных, получавших ФТ из *S. pallidum*, превышала соответствующий показатель на 36% ($p < 0.01$) как в группе “Э”, так и в контрольной группе. Это указывает на высокую активность пентозофосфатного шунта, аэробных процессов и сохранение энергетического обмена реакций восстановительных синтезов.

Полученные результаты дают основание заключить, что комплекс ФТ из *S. pallidum*, профилактически применяемый при острой интоксикации этиловым спиртом, способствует сохранению биохимических показателей углеводного обмена, активности процессов аэробного гликолиза, глюконеогенеза и пентозного цикла, содержания окисленных форм никотинамидных коферментов НАД⁺ и НАДФ⁺, соотношения НАД⁺/НАДН, а также предотвращению состояния тканевой гипоксии. Применение комплекса ФТ может быть рекомендовано в качестве профилактического средства, ослабляющего токсические проявления действия этанола.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 124022100077-0 “Экологические и биогеохимические процессы в экосистемах дальневосточных морей”.

ГЛУБОКОВОДНЫЕ КРАБЫ *MACROREGONIA MACROCHIRA* SAKAI, 1978 НА ГАЙОТАХ ДЖИНГУ И ОДЖИН (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ)

Стеблина Т. И.¹, Егорова Е. Л.²

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, 0071102@bk.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,

г. Владивосток, egorova.eug@gmail.com

Впервые глубоководный краб *Macroregonia macrochira* Sakai, 1978 обнаружен на подводной горе Нинтоку, севернее Главного пролива, который разделяет южные и северные горы Императорского хребта, расположенного в северо-западной части Тихого океана. Предполагается, что этот пролив может быть границей между Северотихоокеанской и Центральнотихоокеанской биогеографическими провинциями. Впоследствии *M. macrochira* обнаружили на хребтах Хуан-де-Фука и Эксплорер в северо-восточной части Тихого океана, а также на подводной горе Пэттон в зал. Аляска.

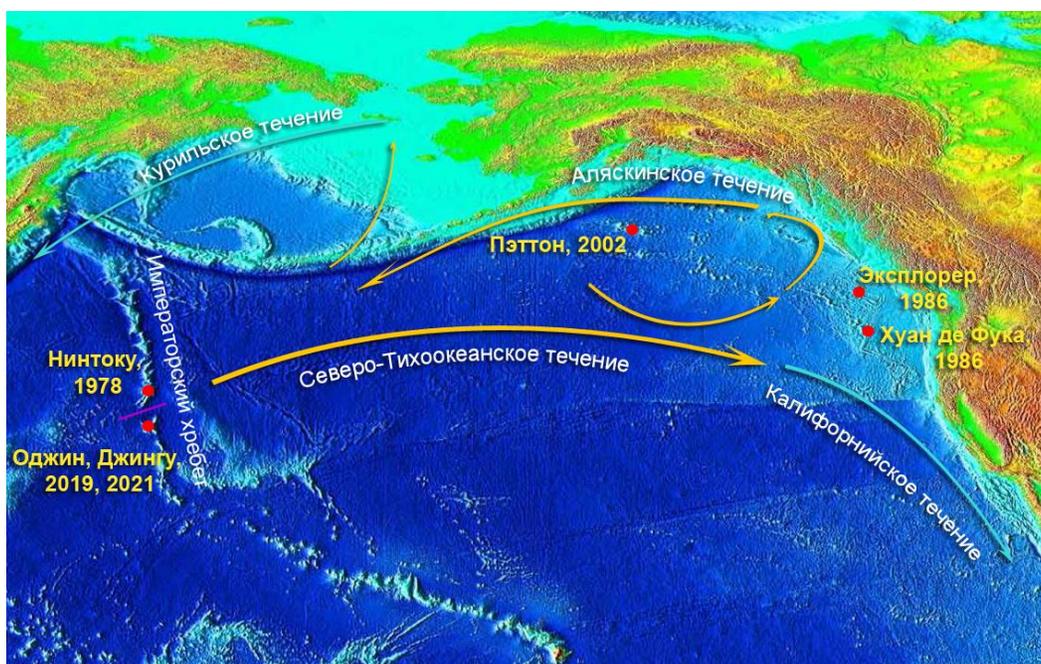


Рис. 1. Северная часть Тихого океана с рельефом дна и схемой течений. Красным отмечены места обнаружения *Macroregonia macrochira*. Пурпурной полоской отмечен Главный пролив.

В ходе 86-го (2019 г.) и 94-го (2021 г.) рейсов в район Императорского хребта НИС “Академик М.А. Лаврентьев” краб *M. macrochira* обнаружен южнее

Главного пролива, на гайотах Оджин и Джингу. В настоящий момент это самое южное известное местообитание данного вида. Во время погружений на гайоте Джингу на глубинах 1350–2100 м отснято 13 часов видеоматериалов и зафиксировано 32 особи краба; на гайоте Оджин на глубинах 1510–1900 м – 12.5 часов и 42 особи. В рейсе 2021 г. на гайоте Оджин собраны 3 экз. *M. macrochira*. Морфологическое исследование подтвердило видовую принадлежность образцов, выявив меньшие размеры карапакса по сравнению с ранее известными представителями этого вида.

Обнаружение крабов *M. macrochira* в южной части Императорского хребта указывает на тенденцию проникновения данного вида за пределы Северотихоокеанской биогеографической провинции и подчеркивает значение подводных гор как опорных пунктов для расселения глубоководной фауны.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-796 “Фундаментальные проблемы изучения и сохранения глубоководных экосистем в потенциально рудоносных районах Северо-Западной части Тихого океана”.

1. Hoff G. R., Stevens B. Faunal Assemblage Structure on the Patton Seamount (Gulf of Alaska, USA) // Alaska Fishery Research Bulletin. 2005. V. 11, № 1. P. 27–36.
2. Sakai T. Decapod Crustacea from the Emperor Seamount Chain // Carcinological Society of Japan Odawara. 1978. № 8 (Suppl.). P. 1–39.
3. Tunnicliffe V. Distribution and behaviour of the spider crab *Macroregonia macrochira* (Brachyura) at hydrothermal vents in the northeastern Pacific Ocean // Can. J. Zool. 1987. V. 65, № 9. P. 2443–2449.

ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭМПИРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС В ПРАКТИКЕ АКВАРИУМИСТИКИ И ИХТИОПАТОЛОГИИ

Степаньков А.П.

Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток

Цифровая фиксация — фото- и видеосъёмка микропроцессов — важный инструмент наблюдения и накопления эмпирических знаний в практике аквариумистики и ихтиопатологии. Использование доступных цифровых устройств (микроскопов с камерой, фотоаппаратов, смартфонов) позволяет не только документировать процессы, но и формировать визуальную базу знаний, на основе которой возможна формулировка практических выводов даже в отсутствие формализованных лабораторных исследований. Съёмка позволяет не только сохранять визуальные данные, но и выявлять поведенческие паттерны, морфологические особенности, атипичные проявления заболеваний [1]. Ведь наука — это, прежде всего, проверка, воспроизводимость и наблюдение.

Особое внимание уделяется наблюдению за паразитами рыб и их поведением в условиях аквариумного содержания. Последовательная фиксация различных стадий жизненного цикла, морфологических признаков и поведенческих реакций (в том числе атипичных) даёт возможность точного описания и дальнейшего сопоставления с клинической картиной. Такая визуальная документация позволяет выявлять закономерности, которые сложно уловить при разрозненных или единичных наблюдениях.

Примером практического применения метода служат наблюдения за развитием икры рыб под микроскопом. Контролируемые условия эксперимента (например, отсутствие постоянной аэрации, стабильная чистота воды, яркое непрерывное освещение) позволяют уточнять устоявшиеся представления об инкубации некоторых видов. Такие наблюдения помогают сделать выводы о видоспецифических потребностях рыб и условиях, необходимых для успешного эмбрионального развития, нередко опровергая устоявшиеся догмы в среде аквариумистов [2].

Образовательный потенциал цифровой микросъёмки

Важным аспектом цифровой фиксации является её значительный образовательный потенциал. На фоне сохраняющейся практики использования устаревших иллюстраций и схем — зачастую восходящих к ещё советскому периоду — видеозаписи и микрофотографии микроскопических процессов открывают новые возможности для создания наглядных, достоверных и визуально выразительных учебных материалов. Подобные материалы отличаются высоким качеством визуализации и позволяют продемонстрировать процессы, которые в классических учебниках либо отсутствуют, либо изображены схематично [3].

Особенно важно подчеркнуть, что аквариумистика — это не только увлечение, но и важная прикладная основа для океанариумного дела, ветеринарии водных животных и научных исследований (рис. 1).

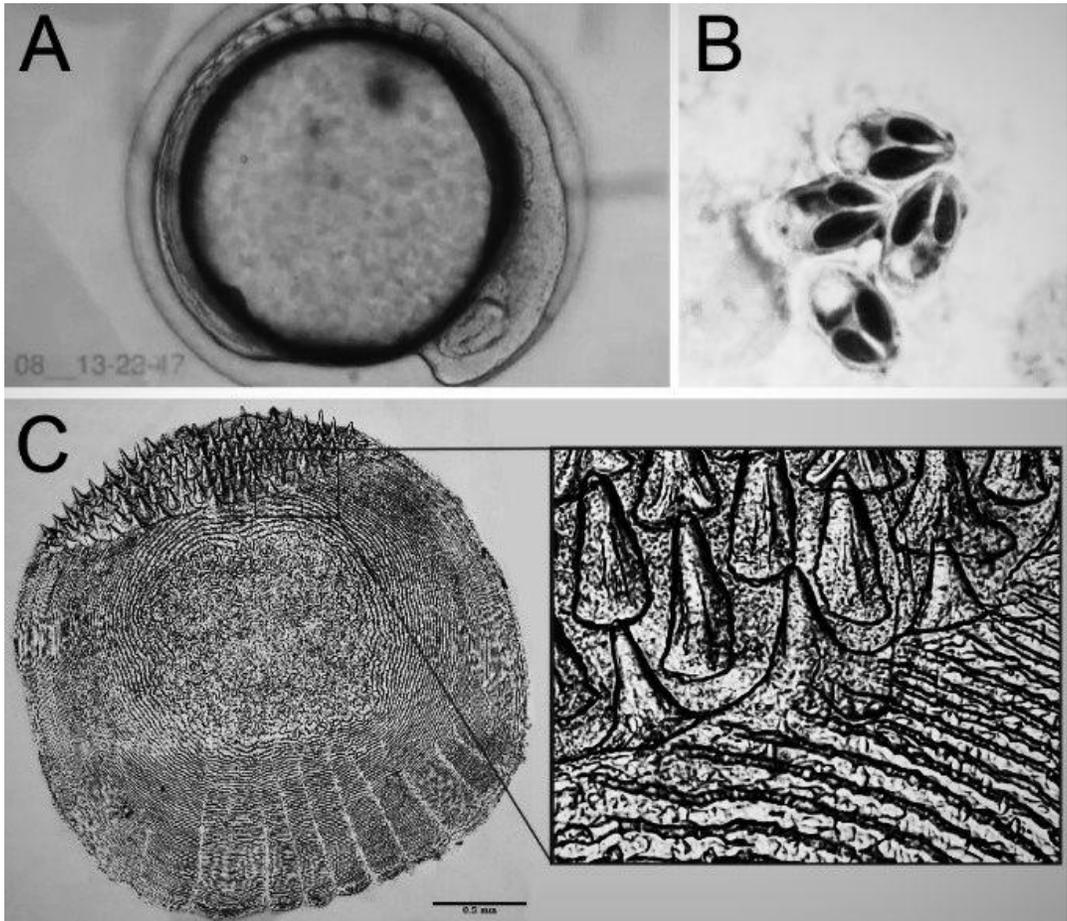


Рисунок 1. А — кадр интервальной съёмки развития икринки *Puntigrus tetrazona* (Bleeker, 1855); В — споры микоспоридий, иммерсионное увеличение $\times 1000$; С — чеуя *Symphysodon aequifasciatus* Pellegrin, 1904. Увеличенный фрагмент демонстрирует детализацию и разрешающую способность цифровой съёмки.

Собственные микрофотографии автора.

Содержание гидробионтов в замкнутых системах требует подготовки специалистов, обладающих как теоретическими знаниями, так и опытом наблюдения. И именно поэтому актуальны и необходимы материалы, которые позволяют быстро освоить базовые принципы, научиться «видеть» важные детали и корректно интерпретировать наблюдаемое. Такие цифровые ресурсы становятся универсальными — они полезны как для студентов и

преподавателей, так и для практиков и начинающих специалистов в самых разных областях, от аквариумистики до ихтиопатологии и зоотехнии.

Таким образом, цифровое документирование микропроцессов выступает как метод сбора эмпирических данных, способствующий уточнению представлений о биологии, экологии и терапии гидробионтов, а также как инструмент, обладающий высоким потенциалом в научно-просветительской и образовательной деятельности.

Работа частично выполнена на базе ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).

1. Prasad M. et al. Imaging Techniques in Veterinary Disease Diagnosis. 2021. P. 103–145.
2. Salis P. et al. The real Nemo movie: Description of embryonic development in *AMPHIPRION OCELLARIS* from first division to hatching // Dev. Dyn. 2021. Vol. 250, № 11. P. 1651–1667.
3. Renaud L., Béland K., Asselin E. Video microscopy: an old story with a bright biological future // Biomed. Eng. OnLine. 2025. Vol. 24.

ФОРМИРОВАНИЕ ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАЧАТКЕ ДЕФИНИТИВНОГО ТЕЛА МОРСКИХ ЕЖЕЙ

Танкович А. Е.

Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО
РАН,

г. Владивосток, alytankovich@gmail.com

Хорошо известно, что у морских ежей личиночная и дефинитивная нервные системы разделены. Первая возникает на ранних стадиях развития из нейрогенной эктодермы и полностью исчезает во время метаморфоза, не принимая участия в формировании дефинитивной нервной системы, которая развивается *de novo* внутри зачатка тела взрослого животного на левой стороне личинки. Развитие и организация личиночной нервной системы подробно изучены у разных видов морских ежей. В то время как развитию дефинитивной нервной системы уделено меньше внимания. Существующие данные указывают на то, что дефинитивная нервная система впервые появляется в зачатке тела взрослого животного. К концу личиночного развития зачаток дефинитивного тела морского ежа имеет хорошо развитую нервную систему, состоящую из околоротового нервного кольца и радиальных нервов. Гистологические данные показали, что первые следы взрослой нервной системы появляются в развивающемся зачатке после формирования из дна амниотической полости эпинеуральных складок и развития из левого гидроцеля радиальных каналов и предшественников пяти первичных амбулакральных ножек. Исследования с антителами к специфическим нейрональным маркерам, таким как нейропептиды SALMFamide S1 и TRH или паннейрональный маркер синаптоагмин В, подтвердили гистологические данные по организации нервной системы в развивающемся зачатке дефинитивного тела морского ежа. Однако исследования развития дефинитивной нервной системы с другими нейронными маркерами немногочисленны.

Целью настоящего исследования является проверка наличия дофамин-положительных элементов в развивающемся зачатке взрослого тела планктотрофных личинок морских ежей из отрядов Camarodonta (*Mesocentrotus nudus* и *Strongylocentrotus intermedius*) и Echinolampadacea (*Scaphechinus mirabilis*).

Исследование компетентных личинок всех трех видов показало, что дофамин-положительные клетки присутствуют в оральном, пилорическом и анальном ганглиях, а также в ганглиях, находящихся в основании посторальных рук. Кроме того, отмечены дофамин-положительные аксональные тракты, проходящие в основании ресничных шнуров и вдоль тела личинки в направлении эполет. Появление первых дофамин-положительных элементов в зачатке дефинитивного тела морского ежа совпадает с моментом формирования присосок на концах первичных амбулакральных ножек. Впервые дофамин-

положительные элементы отмечены в развивающихся радиальных нервных тяжах. Позднее сигнал обнаружен в структуре, соответствующей будущему околоротовому нервному кольцу, а также в первичных амбулакральных ножках. При этом связь между личиночной и дефинитивной нервной системы не обнаружена.

Данная работа поддержана грантом РФФ 24-24-00380.

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР БУХТЫ АЛЕКСЕЕВА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

Тарасова Т.С.¹, Щербаков И.А.¹, Омелаева С.Е.²

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО
РАН, г. Владивосток, *tanya.taras2012@yandex.ru, shcherbakov_ia@bk.ru*

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
omelaeva.se@dvfu.ru

Данная работа является продолжением многолетних исследований состава и распределения бентосных фораминифер в б. Алексева, где в течение 10-ти лет (1978-1988 гг.) выращивали приморский гребешок (*Mizuhopecten yessoensis*) в садках, дополнительно высевали его молодь на большие площади, а в последний год существования хозяйства марикультуры выращивали и мидию (*Mytilus trossulus*). Создание популяций выращиваемых гидробионтов привело к тому, что увеличилась степень заиления донных осадков и содержания органических веществ в них, экосистема бухты была нарушена, ухудшилось ее состояние. Заиленность грунта в период марикультуры в б. Алексева (1985 г.) в среднем составляла 60%. Результаты гранулометрического анализа грунтов, собранных в 2007 г., показали снижение заиления донных осадков на общих станциях для всех лет исследований до 34%. По-видимому, это одна из причин, вызвавшая структурную реорганизацию в комплексах фораминифер. В 2024 году этот показатель увеличился из-за обилия дождей и ливней, усилившихся в период циклонической деятельности в 2023-2024 гг. Количество осадков в эти годы в среднем в 2 раза превышало средний уровень, что и привело к увеличению материкового стока в бухту.

Результаты анализа структуры комплексов фораминифер в период с 1985 по 2024 гг. показали постепенное изменение их качественного состава и распределения в донных осадках бухты. Увеличивалось видовое богатство с 86 до 119 видов, происходила структурная реорганизация комплексов фораминифер, проявившаяся в увеличении числа семейств и родов, агглютинирующих видов и площади их распространения, увеличении их числа на станциях с 2-3 до 9-15 видов. Общее количество видов на станциях также значительно возросло, включая бывшие места размещения установок марикультуры, где их численность была наименьшей. Она проявилась в увеличении видового разнообразия, численности отдельных видов, появлении новых, а также в смене доминантных и субдоминантных видов фораминифер. Наиболее распространенными из крупных таксонов с секреторной стенкой раковины по-прежнему остались семейства Elphidiidae (*Criboelphidium frigidum*, *Protelphidium asterotuberculatum*, *Elphidium advenum depressulum*), Discorbidae (*Buccella frigida*). Нужно отметить увеличение популяции вида *Criboelphidium goesi cognatum*, встречавшегося ранее на отдельных станциях в

единичных экземплярах. Он распространился во всех районах бухты и на некоторых станциях вошел в ранг доминирующих или субдоминирующих видов. Наиболее многочисленными семействами с агглютинированной стенкой раковины по-прежнему являются Trochamminidae и Ataxophragmiidae (*Trochammina inflata*, *Eggerella advena*). Плотность поселения фораминифер год от года снижалась и достигла в среднем 4800 экз./10 см², изменяясь от 1425 до 10905 экз./10см². Доля живых особей фораминифер в тотальном комплексе (живые + мертвые) в среднем увеличивалась с 11% (1985 г) до 32% (2007 г). В пробах 2024 года живые раковины практически отсутствовали, их доля составляла 1-3%. Причина этого явления не установлена. Предполагаем резкое кратковременное опреснение, вызванное сильными ливнями или влияние массового цветения токсичных водорослей (красного прилива). Возможно наличие иных, не выявленных в настоящее время факторов, включая потепление прибрежных вод и явления заморозов в связи с сильным летним прогревом.

Прошло около 40 лет после закрытия хозяйства марикультуры, экологическая ситуация в бухте стала улучшаться, однако по мнению некоторых специалистов, антропогенная деятельность коренным образом повлияла на изменение ландшафтной структуры бухты и, вероятно, будет определять дальнейшую перестройку донных сообществ. Приблизиться к пониманию дальнейших последствий — задача будущих исследований, тем более на фоне природных процессов циклического развития экосистем, влияния климатических процессов на них, а также природных аномальных явлений.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ПИТАНИИ ГРЕБНЕВИКА *BEROE OVATA* BRUGUIERE, 1789 ОДНОРАЗМЕРНЫМИ ЧЕРНОМОРСКИМИ ГРЕБНЕВИКАМИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Темных А. В., Силаков М. И.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, atemnykh@yandex.ru

Представители рода *Beroe* (Stenophora) – это облигатные виды, питающиеся представителями других видов гребневиков. Как правило, под другими видами подразумевают представителей семейства Lobata (Stenophora). В северных морях (Баренцево, Северное, Берингово и др.) выявлено, что *B. cucumis* Fabricius, 1780 и *B. gracilis* Kunne, 1939 питаются представителями вида *Bolinopsis infundibulum* (O. F. Müller, 1776). В Атлантике и в Средиземном море *B. ovata* поедает *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz. Авторы большинства работ, посвященных биологии *B. ovata* в Чёрном море, пришли к выводу, что приоритетной пищей для него также является *M. leidyi*. Однако еще в 2001 г. установлено, что в Чёрном море *B. ovata*, как и представители других видов этого рода в других регионах Мирового океана, может питаться также *Pleurobrachia pileus* (O. F. Müller, 1776) [1]. Кроме того, ранее фиксировали случаи, когда одна особь *B. ovata* поглощала другую, но, как правило, проглоченные особи вскоре покидали гастровоскулярную полость без видимых для себя повреждений [2]. Авторам данной работы в научных рейсах удалось зафиксировать 3 случая каннибализма *B. ovata*.

Для исследования избирательности в питании *B. ovata* провели 3 вида экспериментов, подтверждающих каннибализм *B. ovata*; возможность питания *B. ovata* особями *P. pileus* и приоритет выбора объектов питания между *M. leidyi* и *P. pileus*.

В качестве хищников использовали экземпляры *B. ovata* с орально-аборальной длиной тела 25–40 мм, в качестве жертв выбирали экземпляры гребневиков *B. ovata*, *M. leidyi* и *P. pileus* размером 10–20 мм.

В проведенных контролируемых опытах случаи каннибализма *B. ovata* не замечены, что подтверждается и другими более ранними работами [2]. Зафиксированные ранее авторами данной работы единичные случаи каннибализма с последующим перевариванием, вероятно, являются случайным событием, связанным с невозможностью жертвы покинуть гастровоскулярную область.

Эксперимент с питанием *B. ovata* экземплярами *P. pileus* показал, что активные особи *B. ovata* могут питаться гребневиками этого вида (рис. 1а). В течение первых 20 мин они проглотили по одному крупному экземпляру *P. pileus*. Наблюдались случаи заглатывания нескольких особей *P. pileus* до полного заполнения объема гастровоскулярной области *B. ovata* (рис. 1б). В экспериментах показано, что при равных размерах жертв в осенний период *B.*

ovata предпочитает *P. pileus*, которые становились жертвой *B. ovata* чаще, чем *M. leidyi*, и заглатывались раньше (рис. 1в).

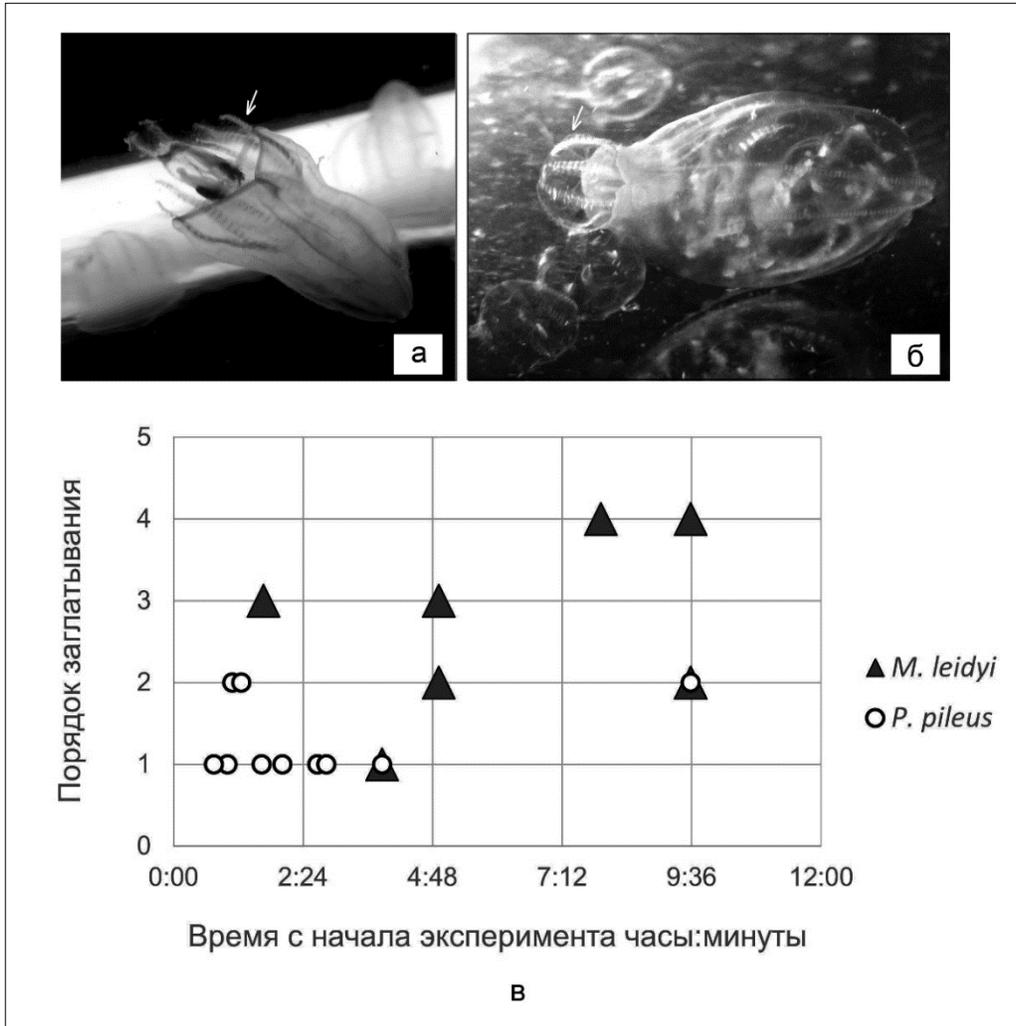


Рисунок 1. Поглощение гребневиком *Beroe ovata* жертв – гребневиков других видов.

а – процесс поглощения гребневика *Pleurobrachia pileus*, б – поглощение *P. pileus* до полного заполнения объема гастровоскулярной области *B. ovata*, в – приоритет в заглатывании жертв разных видов

Одной из причин приоритета питания *B. ovata* особями *P. pileus* может быть то, что у *P. pileus* размером 10–20 мм общее содержание белков и липидов в сыром веществе почти в 2 раза выше, чем у *M. leidyi* [3]. Хотя в естественных условиях наибольшее количество *P. pileus* находится на глубинах более 50 м, в приповерхностных слоях, где обитает *B. ovata*, представители этого вида также встречаются, хотя и в меньших концентрациях, особенно в осенне-зимний

период. Следовательно, и в природе *B. ovata* питается *P. pileus*, как и предполагали исследователи ранее.

Таким образом, экспериментально показано, что *B. ovata* в осенний период при равных размерах жертв предпочитает *P. pileus*; каннибализм экспериментально не подтвержден.

Работа выполнена в рамках госзадания РАН № 124030100137-6 “Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана”

1. Shiganova T.A., Bulgakova Yu.V., Volovik S.P., et al. The new invader *Beroe ovata* Mayer 1912 and its effect on the ecosystem in the northeastern Black Sea // *Hydrobiologia*. 2001. V. 451. P. 187–197. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0722-1_15
2. Finenko G.A., Anninsky B.E., Romanova Z.A., et al. Chemical composition, respiration and feeding rates of the new alien ctenophore, *Beroe ovata*, in the Black Sea // *Hydrobiologia*. 2001. V. 451. P. 177–186. <https://doi.org/10.1023/A:1011819819448>
3. Аннинский Б.Е. Химический состав разноразмерных особей трех видов студенистого макропланктона Черного моря // *Биология моря*. 1994. Т. 20, № 5. С. 390–395.

**ПЕРВОЕ В РОССИИ РАЗВЕДЕНИЕ
GNATHANODON SPECIOSUS (FORSSKAL, 1775)**

Трубицин В. Ю.

*"Крокус Сити Океанариум", город Красногорск, Московская область.
viktor_akvaprofi@mail.ru*

Автор статьи является руководителем биологической службы «Крокус Сити Океанариума», частной организации, находящейся в московской области, и принадлежащей бизнесмену А. И. Агаларову. Океанариум содержит 70 водных экспозиций, из них 36 с искусственной морской водой, остальные пресноводные. Главный морской аквариум вмещает 1600 тонн воды, в нём содержатся около двухсот особей рыб 28 видов, в том числе сорок особей золотых карангов.

Золотой каранг (*Gnathanodon speciosus*) – представитель монотипичного рода *Gnathanodon* семейства Ставридовые (*Carangidae*). Золотой каранг широко распространен в тропических и субтропических водах Индийского и Тихого океанов, от Южной Африки на западе до Центральной Америки на востоке, от Японии на севере и до Австралии на юге. Вид преимущественно обитает в прибрежных водах - как на рифовых, так и на песчаных субстратах. Молодые особи часто сопровождают крупных рыб – акул, скатов и груперов. От других представителей семейства золотой каранг отличается окрасом – молодые рыбы ярко жёлтые с черными поперечными полосами. С возрастом полосы тускнеют и окрас становится менее ярким, но при возбуждении полосы снова проступают.

Золотой каранг - популярная для содержания в публичных морских аквариумах пелагическая рыба. В странах Юго-Восточной Азии золотой каранг является важным объектом коммерческого рыболовства и марикультуры. Как правило, для нужд океанариумов и в качестве посадочного материала для марикультуры мальки золотых карангов вылавливаются из природы [1]. Разведение золотого каранга в неволе – сложный и не до конца освоенный процесс, так как золотые каранги имеют очень мелкую пелагическую личинку со сложным планктонным питанием. Описаны лишь несколько случаев воспроизводства золотого каранга в неволе с последующим выращиванием личинки до малька – все они проводились в рамках научных исследований. На острове Тайвань с восьмидесятих годов ведется обширная работа по созданию технологий выращивания мальков пелагических тропических рыб для марикультуры – проводятся исследования около 90 видов рыб. В начале двухтысячных в этот список вошел и золотой каранг [2]. В 2015 году в США проводилось исследование разведения золотого каранга на базе "Департамента природных ресурсов Южной Каролины" и "Университета Флориды". Маточное стадо было собрано из особей, содержащихся в местном океанариуме (шесть самцов и две самки), и помещено в бассейны с замкнутой циркуляцией. С помощью интродуцированного гормонами нереста была получена

оплодотворенная икра. Личинка выращивалась на искусственно культивируемом планктоне. Исследователям удалось вырастить до мальков размером 3,7 см 4,3% от исходного количества личинок [3].

В «Крокус Сити Океанариуме» золотые каранги появились в 2018 году. Из Шри-Ланки были получены подростки длиной 10-15 см. К лету 2021 года каранги достигли размеров 35-40 см и приобрели окраску характерную для взрослых особей. Первый нерест золотых карангов в «Крокус Сити Океанариуме» наблюдали в 2022 году. 12 июля 2023 года в вечернее время в главном морском аквариуме была замечена новая нерестовая активность золотых карангов, и было принято решение попробовать собрать и инкубировать их икру. Икра собиралась из толщи воды аквариума с помощью сачка из мельничного газа, привязанного к длинной пропиленовой трубе. Икринки из сачка помещались в два пластиковых двадцатилитровых ведра с водой из аквариума (соленость 33‰, температура 26°C, pH 7,7). В ведра с водой был добавлен распылитель от компрессора и метиленовая синь, в количестве окрашивающим воду в светло-синий цвет. На следующий день икринки были исследованы под микроскопом - в большинстве из них развивались зародыши.

Далее вода из вёдер вместе с икринками была разделена на две части и перелита в два аквариума, доведена ранее приготовленной искусственной морской водой с аналогичными параметрами до полного объёма этих аквариумов – 200 литров. Первый аквариум был кубической формы из силикатного стекла. Второй аквариум – из оргстекла особой карусельной конструкции для содержания медуз. Особенность аквариума для медуз в том, что он не имеет углов в одной из своих плоскостей - вода в нем циркулирует по кругу, позволяя медузам всегда находится на плаву. Переливные системы, ведущие в отсеки фильтрации, у обоих аквариумов были исключены. Для осуществления движения воды и насыщения её кислородом в аквариумы были помещены крупные распылители от воздушного компрессора длиной 30 см. В аквариуме карусельного типа воздух из распылителя создавал два круга непрерывной циркуляции (Рисунок 1). 14 июля 2023 года из икры вылупились личинки. Они свободно плавали в толще воды увлекаемые течением от распылителя. Личинки были исследованы под микроскопом - у них отсутствовал рот, присутствовал желточный мешок. В кубическом аквариуме множество личинок оседало на дно аквариума и погибало.

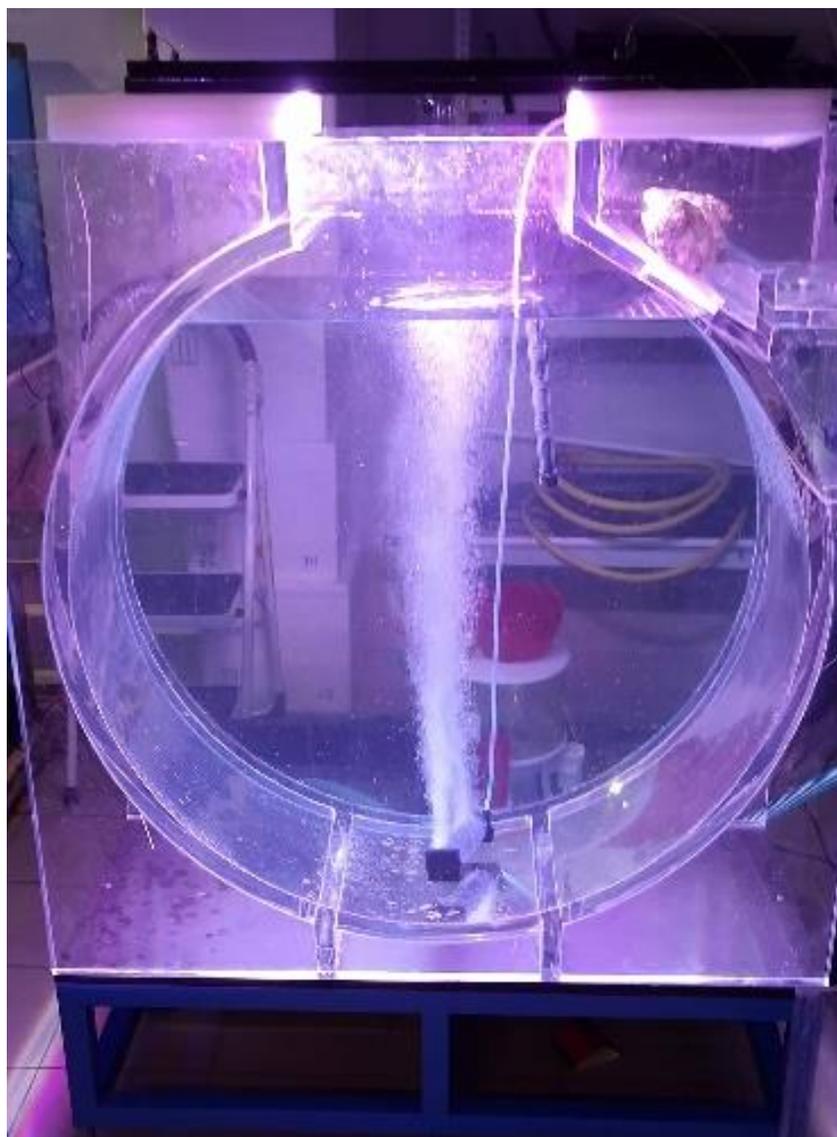


Рисунок 1. Аквариум карусельного типа с аэрацией.

Поскольку эксперимент не был запланирован заранее, фито и зоопланктон для кормления личинок не культивировался самостоятельно, а приобретался в различных коммерческих организациях по возможности, учет количества кормовых планктонных организмов не велся. Сразу после вылупления личинок к ним были добавлены микроводоросль *Isochrysis galbana* и солоноватоводная коловратка *Brachionus plicatilis*, а еще через сутки морские копеподы неизвестного вида. Поскольку личинки карангов очень мелкие, было сделано предположение, что в первые дни они будут питаться микроводорослями, а затем смогут перейти на науплий коловраток и копепод. Так как взрослые коловратки и копеподы крупноваты для рта личинок карангов,

было принято решение активировать размножение этих организмов непосредственно в самом аквариуме с личинками. Коловратки и копеподы питаются микроводорослями, поэтому для активного роста микроводоросли над аквариумами были установлены светодиодные светильники, освещение велось круглосуточно. Питательных веществ для развития микроводорослей должно было хватить, так как изначальная вода из морского танка содержала большое количество нитратов и фосфатов. В прямоугольном аквариуме в течение трёх дней погибли практически все личинки, далее работа велась только с личинками из аквариума для медуз. Через трое суток после вылупления исследование личинок показало появление рта и начало питания фитопланктоном. Через два дня после начала питания личинки стали брать науплий коловраток, а еще через два дня и науплий копепод.

На двенадцатый день после вылупления личинок мы измерили их размер – 4 мм, и подсчитали количество – 15 особей. На двадцать пятый день после вылупления личинок мы наблюдали начало метаморфоза, в качестве корма стали давать науплий артемии. Мальковой стадии достигли 5 особей. Далее мальки были пересажены в просторный аквариум с активной системой фильтрации. После пересадки трое мальков погибли, предположительно от стресса. Мальки были переведены на рацион из мелконарезанных морепродуктов, мотыля и специализированного сухого корма. По состоянию на июль 2025 года выжила только одна особь, в данный момент её размер 30 см.

Таким образом можно сделать вывод о перспективности дальнейших исследований, направленных на поликультурное выращивание кормовых планктонных организмов непосредственно в емкостях с личинками рыб, а также об использовании аквариумов карусельного типа с распылителем для успешного прохождения личинками планктонной стадии развития.

Личное финансирование.

1. Chou R., Lee H.B. Commercial marine fish farming in Singapore // *Aquaculture Research*, 28. 1997. С. 767-776
2. Liao I.C., Su H.M., Chang E.Y. Techniques in finfish larviculture in Taiwan // *Aquaculture*, 200. 2001 С. 1-31
3. Broach J.S., Ohs C.L., Palau A., Danson B., Elefante D. Induced spawning and larval culture of golden trevally // *North American Journal of Aquaculture*, 77. 2015. С. 532-538

ВЕРХНИЙ ПРОФИЛЬ СПИННОГО ПЛАВНИКА *ALECTRIAS CIRRATUS* (LINDBERG, 1938) ИЗ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Тупчий В. В., Баланов А. А.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, valeriatupchii@yandex.ru

У представителей рода *Alectrias* в спинном плавнике выделяют гибкие и негибкие колючки, при этом 2-3 последние негибкие колючки значительно короче остальных [1]. Ранее форма спинного плавника была описана только для некоторых видов. Постепенное удлинение колючек от головы к хвосту отмечено у *A. mutsuensis* и *A. markevichi* [1, 2], и для *A. gallinus* известно, что самые длинные колючки находятся в передней части плавника до вертикали начала анального плавника [3]. Для других видов рода *Alectrias* точных данных о верхнем профиле спинного плавника нет. *A. cirratus* – слабо изученный вид рода *Alectrias*. Применяя водолазный метод, мы собрали представительную коллекцию *A. cirratus* из бухты Парис (о-в Русский, зал. Петра Великого, Японское море). Предварительный анализ показал, что длина колючек спинного плавника у этого вида изменчива.

Цель – описать изменение верхнего профиля спинного плавника у половозрелых и неполовозрелых самцов и самок *Alectrias cirratus*.

В анализе использовали 6 половозрелых (МИМВ № 51304, 51308, 51311 – самцы, *SL* 68.8–73.7 мм; МИМВ № 51305, 51312, 51313 – самки, *SL* 63.2–66.7 мм) и 6 неполовозрелых особей (МИМВ № 51317–51319 – самцы, *SL* 51.2–64.0 мм; МИМВ № 51320–51322 – самки, *SL* 50.0–63.1 мм) этого вида. После предварительного анализа для ускорения обработки на спинном плавнике выделили 4 участка (*hDa*, *hDb*, *hDc*, *hDd*). На каждом участке измеряли длину 5 колючек. С каждого экземпляра получили по 20 измерений. Участки *hDa* и *hDb* разделяли по последней гибкой колючке, при этом в *hDa* измеряли длину 5 гибких колючек, включая последнюю, в *hDb* – длину 5 негибких колючек сразу за последней гибкой. Участок *hDc* включал колючки, связанные птеригофорами с 8–12-ым хвостовыми позвонками, а *hDd* – колючки, связанные птеригофорами с 23–27-ым хвостовыми позвонками (рис. 1). Измерение длины колючек проводили по рентгенограммам с помощью программы ImageView. Для перевода пикселей в миллиметры при выполнении рентгеновского снимка рядом с рыбой помещали металлическую проволоку длиной 10 мм. Длину колючек измеряли посередине от основания до конца, 3–7-ю колючки измеряли короткими отрезками (в зависимости от их изгиба).

Для демонстрации полученных данных построены диаграммы размаха, в которых указаны пределы, среднее и стандартное отклонение.

У половозрелых самцов ярко выражено наличие двух вершин в спинном плавнике с постепенным укорачиванием спинных колючек в участках от *hDa* к *hDc* и резкое увеличение длины в участке *hDd*. В верхнем профиле спинного

плавника у половозрелых самок наблюдается постепенное увеличение средних значений длин от *hDa* к *hDd*. Такая форма спинного плавника схожа с описанием Шиогаки [1] для *A. mutsuensis*. У неполовозрелых самцов в участке *hDa* колючки немного длиннее, чем в участке *hDb*, в котором наблюдается последовательное увеличение колючек к участку *hDd*. Самыми длинными колючками в спинном плавнике у неполовозрелых самок, являются последние гибкие колючки, первые негибкие колючки резко укорачиваются и постепенно удлиняются по направлению к хвостовому плавнику.

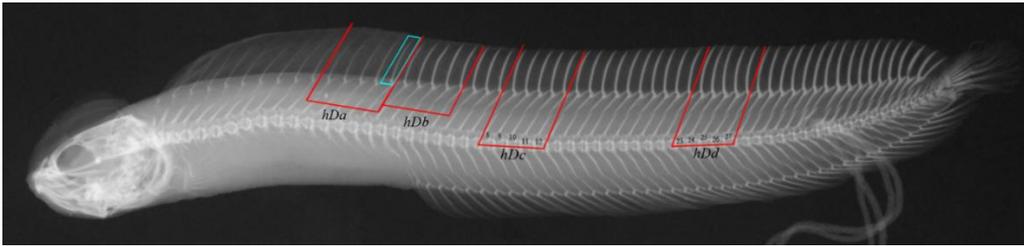


Рисунок 1. Схема расположения участков измерения колючек спинного плавника (выделено красным). Голубым цветом выделена последняя гибкая колючка. (*Alectrias cirratus*, МИМВ № 51285 самец, *SL* 73,1 мм.)

Полученные данные показали, что верхний профиль спинного плавника *A. cirratus* изменчив, наиболее выраженное различие верхнего профиля спинного плавника наблюдается между половозрелыми самцами и самками. Используя эту же методику, следует проверить, соответствует ли форма верхнего профиля спинного плавника у других видов. Из приведенных ранее описаний [1, 2] непонятно, проводились ли у представителей этих видов измерения всех колючек.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 14021900011-9 “Биоразнообразие Мирового океана: таксономия и эволюция, репродуктивная биология, биогеография и биоинвазии”.

1. Shiogaki M. A new stichaeid fish of the genus *Alectrias* from Mutsu Bay, northern Japan // Jpn. J. Ichthyol. 1985. V. 32. № 3. P. 305–315.
2. Шейко Б.А. *Alectrias markevichi* sp. nov. новый вид петушков (Perciformes: Stichaeidae: Alectriinae) из сублиторали Японского моря и прилежащих вод // Вопросы ихтиологии. 2012. Т. 52. № 3. С. 295-308.
3. Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В. Новый для фауны России вид морского петушка – *Alectrias mutsuensis* (Stichaeidae) из Тауйской губы (северная часть Охотского моря) // Вопр. ихтиологии. 2003. Т. 43. № 6. С. 744–748.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СУРИНАМСКОГО ЛОБОТА
LOBOTES SURINAMENSIS (TELEOSTEI: LOBOTIDAE) И ВОЗМОЖНЫЕ
ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНУЮ ЧАСТЬ ТИХОГО
ОКЕАНА В СВЯЗИ С ЕГО НАХОДКАМИ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА
ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Туранов С. В.¹, Колтун А. В.²

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,

г. Владивосток, sturcoal@mail.ru

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет,

г. Владивосток, koltun.anastasia@mail.ru

Суринамский лобот *Lobotes surinamensis* (Bloch, 1790) – тропический космополит, регулярно отмечаемый в Атлантике и Индо-Тихоокеанском регионе. Его находки в водах зал. Петра Великого Японского моря вызывают вопросы о распространении и механизмах проникновения в российские воды, а также о таксономии рода *Lobotes* [1–3]. Для оценки генетических связей лоботов и происхождения генетического разнообразия особей-вселенцев из зал. Петра Великого мы проанализировали 107 последовательностей митохондриального гена *COI* от особей рода *Lobotes*, извлечённых из GenBank и BOLD и имеющих данные о локальности сбора. В их числе последовательность ошипленного экземпляра *L. surinamensis*, отловленного в зал. Восток в 2009 г. [1]. Предварительные результаты указывают на глубокую дивергенцию между *L. pacifivus* и *L. surinamensis*, позволяя считать их разными видами. Последовательности суринамского лобота обнаружили 16 гаплотипов из 9 географических регионов (юго-западная Атлантика, Карибское море, Мексиканский залив, Средиземное море, западная часть Индийского океана, северо-восточная часть Индийского океана, Коралловый треугольник, Южно-Китайское море и Японское море). Расчёты гаплотипического разнообразия (H_d) показали, что максимальное H_d (0.79) из районов, представленных более чем двумя последовательностями, наблюдается в средиземноморском бассейне. В Индийском океане и Южно-Китайском море зафиксировано по одному гаплотипу. Особь суринамского лобота из зал. Восток также отличалась уникальным гаплотипом, наиболее тесно связанным с общим пулом, который был сформирован последовательностями из локальностей Индийского океана, Южно-Китайского моря и Кораллового треугольника.

Для выборок из разных регионов значения F_{ST} варьировали от 0.15 до 0.31, что указывает на значимую внутривидовую дифференциацию. Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) показал, что до 57.9% общей вариации объясняется различиями между регионами, то есть глобальная популяционная структура суринамского лобота на основе данных *COI* довольно ярко выражена.

Полученные данные позволяют заключить, что проникновение суринамского лобота в Японское море осуществляется из индо-тихоокеанского генетического пула. Вероятнее всего, распространение происходило в результате дрейфа ювенильных особей лобота в пелагиали с плавающими водорослями через систему течений Куроисио. В то же время высокая дифференциация подчёркивает продолжительное разделение основных групп лобота. Дальнейшая работа будет включать проверку предположения о дивергенции между ошипленными и неошипленными особями *L. surinamensis* [2], а также моделирование маршрутов его глобального распространения.

Работа выполнена в рамках темы НИР №124021900011-9 “Биоразнообразие Мирового океана: таксономия и эволюция, репродуктивная биология, биогеография и биоинвазии”

1. Земнухов В.В., Туранов С.В. Первая поимка в российских водах ошипленного экземпляра *Lobotes surinamensis* (Bloch, 1790) (Percoidei: Lobotidae) с замечаниями по таксономии вида // Вопр. ихтиол. 2011. Т. 51, № 1. С. 91–96.
2. Харин В.Е., Милованкин П.Г., Ким Л.Н. Таксономия и находки редкого вида рыб – суринамского лобота *Lobotes surinamensis* (Lobotidae) – в российских водах Японского моря // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 171. С. 158–162.
3. Барабанщиков Е. И. О поимках лобота (*Lobotes surinamensis*) во внутреннем эстуарии р. Раздольная (Приморский край) // Тр. СахНИРО. 2021. Т. 17. С. 233–237.

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ ТКАНЕЙ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *CORBICULA JAPONICA*

Тюнина М. А., Караулова Е. П.

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, г. Владивосток,
mariia.tiunina@tinro.vniro.ru, ekaterina.karaulova@tinro.vniro.ru

Двустворчатые моллюски рода *Corbicula*, принадлежащего семейству Corbiculidae, распространены по всему миру и образуют большие скопления в соленых озерах и солоноватоводных заливах Приморья, Хабаровского края и Сахалинской области. Благодаря своей питательной ценности, эти моллюски являются важными промысловыми видами [1]. Известно, что при хронических поражениях печени водные экстракты корбикулы оказывают положительный терапевтический эффект, который связывают с действием низкомолекулярных водорастворимых белков и пептидов [2].

Цель данного исследования – установить наличие корреляции между антирадикальными свойствами, гепатопротекторной активностью и содержанием водорастворимых низкомолекулярных белков и пептидов в органах и тканях *C. japonica*.

Материал для исследования собирали дночерпателем с лодки в кутовой части Амурского залива Японского моря. Моллюсков промывали в проточной воде и в живом виде доставляли в лабораторию, где препарировали, извлекая мягкие ткани и внутриволокнистую жидкость, которые затем гомогенизировали (гомогенизатор Ika 25T basic, IKA Works Inc., Wilmington, NC, USA) с дистиллированной водой в соотношении 1:1. Объединенные гомогенаты центрифугировали при 8 тыс. об/мин (Hitachi CT 15RE), супернатант фильтровали через микрофильтр (Whatman, 0.45 мкм, PVDF). Полученную водную фракцию (*C. japonica*-ВФ) использовали для анализа. Молекулярную массу определяли методом гель-проникающей высокоэффективной хроматографии на хроматографе, оснащенном коллектором фракций и диодно-матричным детектором (Agilent Technologies 1260 Infinity, USA; колонка TSK-gel G 3000PWXL, 7.8 × 300 мм, TOSOH Corporation, Japan); скорость 0.3 мл/мин; подвижная фаза 0.1 н NaCl, 20 мМ Tris-HCl, pH 7.8). Антирадикальную активность определяли по стандартным методикам с использованием свободных радикалов 2,2- дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ) и 2,2-азинобис-3-этилбензотиазолин-6-сульфонат (АБТС). Для оценки гепатопротекторной активности клетки гепатоцитов HepG2 в течение 3 ч обрабатывали 0.4 мМ трет-бутилгидропероксидом (t-ВНР) и различными концентрациями *C. japonica*-ВФ. К суспензии клеток добавляли 0.5 мг/мл 3-(4,5-диметил-2-тиазолил)-2,5-дифенил-2Н-тетразолий бромид и инкубировали еще 4 ч, после чего клеточную среду заменяли 200 мкл диметилсульфоксида. Поглощение при 570 нм

определяли с помощью микропланшетного сканера Polarstar Omega (BMG Labtech GmbH, Германия).

Для извлечения водорастворимых компонентов применяли экстракцию холодной (4°C) и горячей (95°C) водой. Установлено, что при экстракции горячей водой антирадикальная активность по отношению к ДФПГ и АБТС-радикалу снижается соответственно в 1.5 и 1.4 раза по сравнению с экстракцией в неденатурирующих условиях. Максимальная антирадикальная активность *S. japonica*-ВФ по отношению к ДФПГ радикалу составила 36.0 мкг аскорбиновой кислоты/г белка; по отношению к АБТС-радикалу – 0.68 тролокс-экв/г белка.

Исследование фракционного состава водорастворимых компонентов методом ВЭЖХ показало, что воздействие температурного фактора приводит к увеличению относительной доли высокомолекулярных водорастворимых компонентов с 63.7 до 71.2%. При этом количество водорастворимых низкомолекулярных белков и пептидов положительно коррелирует с антирадикальной активностью (коэффициент корреляции Пирсона $R = 0,96$). Фракционирование отдельных групп белков и пептидов *S. japonica*-ВФ с последующим анализом антирадикальной активности каждой фракции позволило обнаружить корреляцию между относительным содержанием водорастворимых белков и пептидов и общей способностью к нейтрализации свободных радикалов (таблица).

Таблица. Антирадикальная активность отдельных фракций *S. japonica*-ВФ (4°C) с разной молекулярной массой.

М. вес фракции, кДа	АА ДФПГ, мкг аскорбиновой кислоты/г белка	Коэффициент корреляции Пирсона		<i>p</i> -критерий		Коэффициент детерминации, R ²	
		ДФПГ	АБТС	ДФПГ	АБТС	ДФПГ	АБТС
≥ 10	н/о	0.144	0.056	0.021	0.003	0.786	0.916
10–5	5.9 ± 0.2	-0.859	-0.816	0.028	0.667	0.738	0.047
5–1	17.5 ± 0.5	0.963	0.957	0.002	0.003	0.928	0.916
≤ 1	10.8 ± 0.3	0.914	0.937	0.011	0.006	0.836	0.879

Примечание: н/о – активность не обнаружена; АА ДФПГ – антирадикальная активность ДФПГ

В экспериментах *in vitro* установлено, что экстракт *S. japonica* обладает гепатопротекторной активностью. Инкубация в течение 3 ч гепатоцитов НерG2 с 0.4 мМ t-ВНР и различными концентрациями *S. japonica*-ВФ показала достоверное концентрационнозависимое предотвращение t-ВНР-индуцированной гибели клеток ($p < 0.05$). При воздействии *S. japonica*-ВФ (4°C) в концентрации 100 и 200 мкг/мл жизнеспособность гепатоцитов возрастала на 18.4 и 28.9% соответственно.

Таким образом, *in vitro* установлен дозозависимый гепатопротекторный эффект водорастворимой фракции экстракта мышечной ткани *C. japonica*, вероятно, связанный с наличием биологически активных низкомолекулярных пептидов. Кроме того, гепатопротекторный эффект может коррелировать с ингибированием окислительного стресса путем усиления системы антирадикальной защиты.

Работа выполнена в рамках раздела 13 Государственного задания ФГБНУ “ВНИРО” № 076-00005-25-00)

1. Yamanaka T., Mizota C., Maki Y., Matsumasa M. Assimilation of terrigenous organic matter via bacterial biomass as a food source for a brackish clam, *Corbicula japonica* (Mollusca: Bivalva) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2013. V. 126. P. 87–92.
2. Tamai M., Uchisawa H., Saito Y., et al. Acorbine, a *Corbicula japonica*–derived tripeptide containing non-proteinogenic amino acids, suppresses ethanol-induced liver injury // Biochem. Biophys. Res. Com. 2020. V. 522, № 3. P. 580–584.

СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ И ПРИДОННЫХ СООБЩЕСТВ МИКРОФИТОВ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ АНАПЫ И ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА СПУСТЯ 2.5 МЕСЯЦА ПОСЛЕ РАЗЛИВА МАЗУТА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

Филиппова А. М.¹, Сапожников Ф. В.².

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
filippovaantonina@gmail.com

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва,
fil_aralsky@mail.ru

В марте 2025 г. проведена комплексная экспедиция ИО РАН в прибрежные районы Керченского пролива и Анапы для отбора sestonных и бентосных проб и изучения реакции экосистемы на разлив мазута, произошедший 15 декабря 2024 г. в Керченском проливе.

Пробы фитосестона с помощью батометра взяты 03.03.2025 на семи станциях в районе порта Тамань на глубинах 10–20 м. Две станции располагались максимально близко к месту обвала кормовой части одного из танкеров. Формы развития микроэпилитона наблюдали на камнях и скалах в полосе прибоя, в окрестностях пос. Волна на восточном побережье Керченского пролива. Этот участок побережья подвергся особенно сильному воздействию мазута в первые дни после разлива. Образцы эпилитного микрообрастания отбирали с поверхности тонких плёнок мазута на песке. Также были взяты образцы биоплёнок, развившихся к 05.03.2025 в полосе наката на бетонных плитах причалов в городском порту Анапы. В этих биотопах также сохранились плотные плёнки мазута по верхней кромке воздействия волн. Микрофитобентос песчаных грунтов изучали по материалам, взятым 06.03.2025 на пяти станциях в прибрежной зоне пос. Нижнее Джемете (Анапа) на глубинах 60–80 см в зоне воздействия накатных волн. Станции располагались вдоль берега в 400–500 м друг от друга.

Изучение фитосестона на живом и фиксированном материале показало обильное развитие во всех локациях придонных парящих микроагрегатов на основе цепочек колониальных диатомей *Skeletonema pseudocostatum*, *S. dohrnii*, *S. japonicum*, *S. costatum*, *S. gretae* и *S. marinoi*. В агрегатах вместе с ними часто встречались подвижные диатомеи родов *Pleurosigma*, *Gyrosigma* и *Tryblionella*, а также виды *Nitzschia sigma*, *N. longissima*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. pseudonana*, *T. tenera*, *Pseudonitzschia heimii* и *P. calliantha*. Видовой и количественный состав микрофитов спустя 2.5 мес после аварии был схож с известным составом ранневесенней стадии сукцессии сообщества в нормальных условиях, изученной нами по мартовским материалам 2023 и 2024 гг., полученным в этом районе в рамках мониторинга фитопланктона порта Тамань.

В районе пос. Волна обрастание камней представляло собой бурые биопленки на основе колониальных диатомей мощностью 0.3–0.6 см. Структурообразующим видом здесь был *Berkeleya sparsa* вместе с *Tabularia fasciculata* и *T. tabulata*. Кроме того, встречены еще 8 видов диатомей: *N.*

parapontica, *N. normaloides*, *N. rusticensis*, *N. johannrossii*, *N. cf. vekhovii*, *N. cf. arenaria*, *Navicula* sp. и *Cocconeis distans*. Таким образом, после 2.5 мес влияния на плёнки мазута природных факторов (солнечный свет, морская вода и др.), способствующих спеканию и отвердеванию этого токсичного состава, мазут оказался субстратом, пригодным для развития первичных эпилитных сообществ.

Анализ микроэпилитона на поверхности бетонных плит в порту Анапы, на которых сохранились плёнки отвердевшего мазута, выявил ниже этих плёнок массовое развитие трёх видов нитчатых водорослей (*Ectocarpus* sp., *Cladophora* sp. и *Ulothrix* sp.) и только один вид диатомей *Navicula cf. perminuta*. Эпифитно изредка встречались *T. fasciculata*, *Achnanthes brevipes*, *Pteroncola inane*, *Hyalinella lateripunctata* и *Licmophora debilis*.

При изучении микрофитобентоса на песчаных мелководьях отмечено, что даже при условии покрытия мазутом около трети песчинок, видовой и количественный состав микрофитов также проявлял черты высокого сходства с изученной нами прежде ранневесенней стадией сукцессии в этих местообитаниях. В частности, в сборах 06.03.2025 отмечено массовое развитие *Nitzschia tenuirostris*, *N. longissima*, *N. hybrida*, *N. pellucida*, *N. pseudocommunis* и *Cylindrotheca closterium*, часто встречались *Psammodyction panduriforme*, *Entomoneis tenera*, *E. paludosa*, *E. vilicicii* и *Navicula agnita*. На песчинках, не покрытых мазутом, массово развивались *Pteroncola inane*, *Fallacia minima*, *F. subforcipata*, *F. terera*, а также *Achnanthes brockmannii*, *A. danica*, *Halamphora tenerrima* и *Lyrella atlantica*.

Весьма скудный видовой состав микроэпилиптона указывает на существенное угнетающее влияние мазута на флору в области влияния прибоя на побережье Керченского пролива и Анапы. Однако некоторые виды оказались приспособлены к обитанию и даже массовому развитию либо прямо на агрессивном субстрате, либо в непосредственной близости от пятен его высокой концентрации. Это свидетельствует о начальных стадиях восстановления экосистемы этих биотопов, в том числе путем использования измененных под влиянием природной среды плёнок мазута как среды для жизни. Отметим также, что по прошествии относительно небольшого количества времени (2.5 мес) после разлива мазута и его прихода на песчаные мелководья, значительных изменений сезонного хода развития ценозов донных микрофитов отмечено не было. То же относится к фитосестону в непосредственной близости от места обильного истечения мазута после аварии.

ПЕРВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА МОНОАМИНИЛИРОВАНИЯ У БАЗАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ (ТИП PORIFERA) НА ПРИМЕРЕ БЕЛОМОРСКОЙ ГУБКИ *HALISARCA DUJARDINII*

Фиошин А. Д.¹, Кравчук О. И.¹, Мельникова В. И.¹, Никишина Ю. О.¹,
Сутормин Д. А.¹, Михайлов К. В.^{2,3}, Люпина Ю. В.¹

¹Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва;

²Институт физической и химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им.
М.В. Ломоносова, Москва;

³Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва
alexander@finoshin93.ru

Моноамины, такие как дофамин, широко распространены в живой природе и участвуют в регуляции межклеточных взаимодействий у самых разных организмов, от бактерий до млекопитающих. Однако функции дофамина у базальных многоклеточных, таких как губки, остаются слабо изученными. В настоящем исследовании мы изучили содержание дофамина, его происхождение и возможные посттрансляционные модификации белков у арктической губки *Halisarca dujardinii* Johnston, 1842, собранной в Белом море.

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с электрохимическим детектированием (HPLC-ED) дофамин обнаружен в тканях губок, собранных в разное время года. При этом содержание дофамина в зимне-осенний период было существенно выше, чем весной. Инкубация губок в растворе L-DOPA приводила к увеличению концентрации дофамина, что свидетельствует о наличии ферментативной активности, способной осуществлять декарбоксилирование предшественника. Однако ген фермента ароматической L-аминокислотдекарбоксилазы (AADC), которая необходима для синтеза дофамина, не был обнаружен в транскриптомах и геноме *H. dujardinii*.

В связи с этим мы провели сбор и анализ метагенома симбиотической микробиоты губки. Реконструкция геномов бактерий выявила 3 высококачественных генома симбиотических бактерий. Во всех полученных геномах найдены ферменты, участвующие в биосинтезе витамина B6 – необходимого кофактора AADC, что подтверждает метаболический потенциал микробиоты для продукции биологически активных аминов. Однако AADCs не были обнаружены. Дополнительно мы проанализировали бактериальный состав транскриптомной сборки для *H. dujardinii* по 16s рибосомальной РНК. У бактерии *Spirochaetaceae bacterium*, присутствующей в транскриптомной сборке, был обнаружен фермент AADC.

Далее мы изучили возможность участия дофамина в модификации белков губки. Для этого провели флуоресцентные мечения белков *in vitro* с использованием производных дофамина и монодансилкадаверина, а также масс-спектрометрический анализ. Полученные данные свидетельствуют о наличии

посттрансляционных модификаций типа дофаминирования, в том числе на глутамине и лизине актина. Эти модификации преимущественно регистрировались в весенне-летний период, что может быть связано с сезонной активностью симбиотической микробиоты и водорослей.

Таким образом, наши результаты впервые демонстрируют наличие дофамина у арктической губки и его возможное бактериальное происхождение. Более того, мы показали, что дофамин способен участвовать в регуляции белков губки через ковалентные модификации, предположительно как при участии трансглутаминаз, так и неферментативным путем. Эти данные открывают новые перспективы в изучении молекулярных механизмов взаимодействия между симбиотическими бактериями и клетками губок, а также в понимании эволюции моноаминергической регуляции у ранних метазоа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 25-14-00131 и проводилась с использованием оборудования ЦКП ИБР им Н.К. Кольцова РАН

**МОРФОЛОГИЯ И ИНВАЗИВНОСТЬ ЦЕСТОД ВИДА
PTYCHOBOTHRIUM BELONES (DUJARDIN, 1845) ИЗ
ТИХООКЕАНСКОГО САРГАНА *STRONGYLURA ANASTOMELLA*
АМУРСКОГО ЗАЛИВА, ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Фоминов В. С.¹, Вайнутис К. С.^{1,2}

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток, vsfoma1209@gmail.com*

*Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО
РАН, г. Владивосток, vainutisk@gmail.com*

Паразиты рода *Ptychobothrium* относятся к семейству Bothriosephalidae отряда Bothriosephalidea класса ленточных червей Cestoda. В род *Ptychobothrium* входят 4 валидных вида. Жизненный цикл *P. belones* (Dujardin, 1845) Lönnberg, 1889 и *P. ratnagirensis* Deshmukh & Shinde, 1975 проходит в морской экосистеме, а *P. leiodoni* Banerjee, Manna and Sanyal, 2017 и *P. raiamusi* Banerjee, Manna and Sanyal, 2017 – в пресноводной [1, 2]. Основная цель работы заключалась в видовой идентификации цестод из желудочно-кишечного тракта тихоокеанского саргана, пойманного в акватории Амурского залива в июне 2024 г.

Тихоокеанский сарган *Strongylura anastomella* (Valenciennes, 1846) пойман 6–7 июня 2024 г. у восточного берега зал. Угловой, вблизи п. Трудовое (43.304152 N, 132.057951 E). Расстояние от берега в ходе сбора материала составляло 100–150 метров, на глубинах 100–140 см. Отлов саргана производили с применением искусственных приманок типа “воблер” и жаберных сетей с размером ячеи 5 см.

В ходе исследования проведен анализ 11 особей тихоокеанского саргана. Вскрытие производили по стандартной паразитологической методике. Для расчёта показателей заражённости применяли универсальные индексы: экстенсивность (ЭИ) и интенсивность инвазии (амплитуда и средняя) (АИИ, СрИИ), а также индекс обилия (ИО) [3].

Найденных в желудочно-кишечном тракте цестод фиксировали в 70% этаноле для последующего изготовления постоянных препаратов и в 96% этаноле для молекулярно-генетической идентификации. Для изготовления постоянных препаратов цестод осветляли в смеси глицерин/молочная кислота, после чего их заключали на предметном стекле в каплю смеси глицерин/желатин.

Результаты вскрытия показали, что все 11 особей тихоокеанского саргана заражены цестодой *Ptychobothrium belones*. Всего из желудочно-кишечного тракта сарганов изъято 245 экз. паразита, максимальное количество паразитов на одну особь хозяина составило 30 экз., минимальное – 2 экз. Большая часть цестод была обнаружена в желудках рыб. Обобщенные результаты

паразитологического вскрытия тихоокеанского саргана представлены в таблице 1.

Таблица 1. Общее количество паразитов (цестода *Ptychobothrium belones*) и их локализация в желудке (Ж) и толстом кишечнике (ТК) тихоокеанского саргана *Strongylura anastomella*

№	Длина рыбы, см	Локализация паразитов	Количество паразитов
1	25	Ж	22
2	31	Ж, ТК	20
3	46	Ж, ТК	30
4	21	Ж	24
5	34	Ж	30
6	22	Ж	16
7	21	Ж, ТК	25
8	45	Ж, ТК	30
9	32	Ж	29
10	22	Ж	17
11	26	Ж, ТК	2

В работе представлены предварительные результаты анализа заражённости тихоокеанского саргана цестодой *P. belones* (таблица 2). Индекс обилия и средняя интенсивность инвазии идентичны в связи с заражённостью всех обследованных сарганов.

Таблица 2. Индексы заражённости тихоокеанского саргана цестодой *Ptychobothrium belones*

ИО, экз.	СрИИ, экз.	АИИ, экз.	ЭИ, %
22,3	22,3	2–30	100

Примечание: ИО – индекс обилия, СрИИ – средняя интенсивность инвазии, АИИ – амплитуда интенсивности инвазии, ЭИ – экстенсивность инвазии.

На основании морфологического анализа цестод из тихоокеанского саргана установлена их принадлежность к виду *Ptychobothrium belones*. Новые морфометрические данные показали полное соответствие размерных диапазонов *P. belones* из тихоокеанского саргана (*S. anastomella*) с особями *P. belones* из тонкохвостого (*S. leiura*) и императорского (*Tylosurus imperialis*) сарганов, пойманных в водах Индийского и Атлантического океанов [4]. Установлен новый окончательный хозяин этого паразита – тихоокеанский сарган *Strongylura anastomella*, в котором вид *Ptychobothrium belones* ранее не

регистрировался. Полученные данные расширяют знания о географическом распространении представителей рода *Ptychobothrium* в водах Мирового океана.

1. Deshmukh R.A., Shinde G.B. On *Ptychobothrium ratnagiriensis* n. sp. (Cestoda: Pseudophyllidea) from the flying fish *Exocoetus bahiensis* caught off Ratnagiri (West Coast of India) // J. Indian Biosci. Ass. 1975. V. 1. P. 133–137.
2. Animal discoveries 2017: New species and new records. Zoological Survey of India // Ministry of Environment, Forest and Climate Change. M-Block, New Alipore, Kolkata, 2018.
3. Никонорова В.Г. Индексный метод, статистические методы и математические модели в паразитологии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 8. С. 12–16.
4. Châari M., Neifar L. Redescription of *Ptychobothrium belones* (Dujardin, 1845) (Cestoda: Bothriocephalidea) from needlefishes (Beloniformes: Belonidae) in the Mediterranean Sea // Syst. Parasitol. 2022. С. 203–215.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА ЛИТОРАЛИ КУТОВОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ВОСТОК: МНОГОЛЕТНИЙ АСПЕКТ

Цурпало А. П., Костина Е. Е., Кепель А. А.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, tsurpalo@mail.ru

Материалом для работы послужили сборы 2022 г. в кутовой части зал. Восток Японского моря (42°54'03.88" N, 132°43'32.02" E) на илисто-песчаной литорали, подверженной влиянию речного стока, который опресняет поверхностные воды и выносит в прибрежную зону рыхлый грунт. Гидробиологическую съемку выполняли на том же разрезе, что и в октябре 1990 г. [1] во время максимальных в это время года отливов по общепринятой методике хорологических исследований [2].

Нами выделены 4 монодоминантных сообщества макробентоса. В 2022 г. в верхнем горизонте литорали впервые отмечен мелкий брюхоногий моллюск *Assiminea possietica* с незначительной биомассой. В 1990 г. литоральный макробентос не обнаружен (таблица).

Таблица. Сообщества литорального макробентоса кутовой части зал. Восток Японского моря

Горизонт литорали	Сообщество	Биомасса, г/м ² , октябрь 2022 г.	Биомасса, г/м ² , октябрь 1990 г.
Верхний	<i>Assiminea possietica</i>	22.6 (99.6)	–
Средний, верх	<i>Zostera japonica</i>	1458.0±127.5 (56.4)	–
Средний, низ	<i>Zostera japonica</i>	1234.3±798.9 (94.1)	–
	<i>Batillaria cumingii</i>	9307.8 (98.0)	–
	<i>Batillaria cumingii</i> + <i>Zostera japonica</i>	1722.5 (58.3+20.9)	–
	<i>Zostera japonica</i> + <i>Z. marina</i>	–	498.7 (60.1+38.2)
Нижний	<i>Zostera marina</i>	3258.7±818.7 (84.9)	1064.2±92.2 (65.7)

Примечание. В скобках приведена доля доминантного вида (%) от суммарной биомассы сообщества. "–" – сообщество не обнаружено.

В 2022 г. весь средний горизонт занимал широкий пояс *Zostera japonica*. На илисто-песчаной осушке, помимо морских трав с мощными корневищами, большой вклад в биомассу сообществ вносили относительно крупные двустворчатые (*Exolaternula liautaudi*, *Macoma contabulata*) и брюхоногие (*Batillaria cumingii*) моллюски. В верхней части пояса более 35% биомассы приходилось на *E. liautaudi* и зеленую водоросль *Ulva prolifera*. В нижней части среднего горизонта биомасса *B. cumingii* могла составлять около 60% от

биомассы сообщества. Также среди поля *Z. japonica* встречались большие пятна почти чистых скоплений этой илстой улитки. Средняя биомасса сообщества *Z. japonica* в верхней и нижней части пояса была почти одинакова, однако доля доминантного вида в нижней части могла составлять больше 90% от суммарной биомассы сообщества. В 1990 г. биомасса сообществ морских трав была в 2–3 раза меньше, чем в 2022 г.

В нижнем горизонте литорали, спускаясь и в сублитораль, развивался пояс *Zostera marina*, в сообществе которого в 2022 г. сопутствующими видами были моллюски *M. contabulata* и *Littorina squalida* (12% от общей биомассы макробентоса), а в 1990 г. – зеленая водоросль *Blidingia minima* и двустворчатый моллюск *Ruditapes philippinarum* (31%).

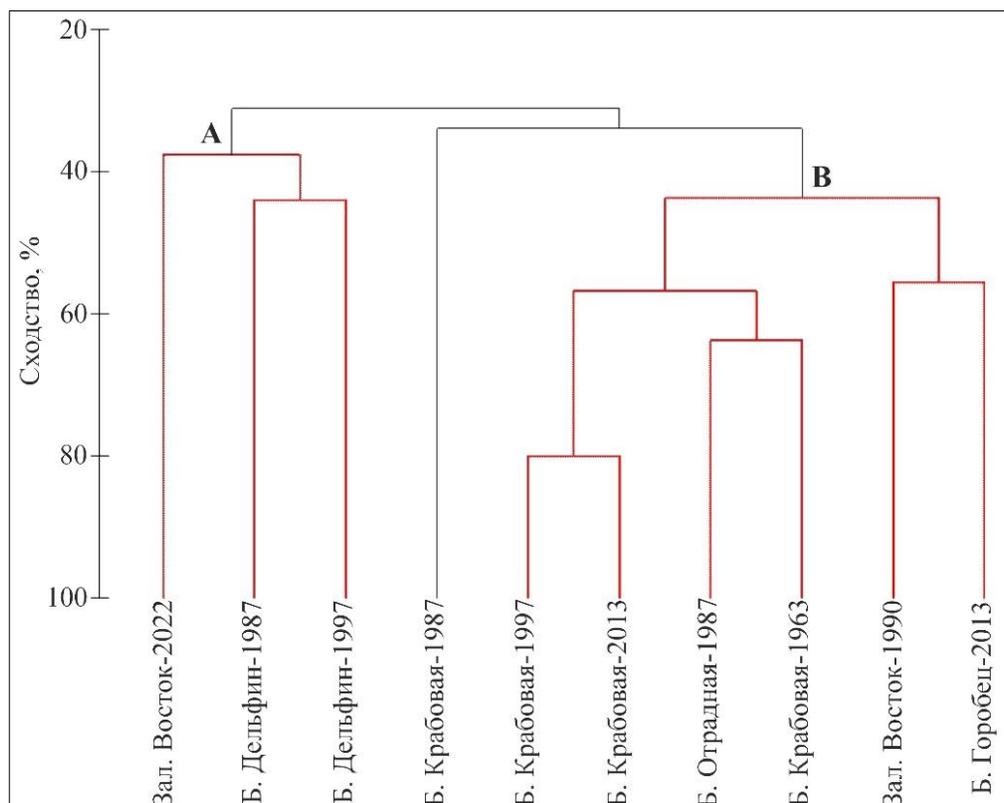


Рисунок 1. Дендрограмма сходства видового состава сообществ литорального макробентоса некоторых районов низкорореальной литорали в разные годы по результатам кластерного анализа (индекс сходства Сёренсена–Чекановского).

Мы провели сравнение видового состава литорального макробентоса илсто-песчаной литорали зал. Восток и мягких грунтов других районов низкорореальной литорали дальневосточных морей, характеризующихся опреснением, где также были проведены многолетние исследования в 1963,

1987, 1997 и 2013 гг. (бухты Дельфин, Отрадная, Горобец и Крабовая, о-в Шикотан, Курильские острова) [3]. Всего на литорали изученных районов обнаружено 90 видов макробентоса. Для опресненных участков бухт о-ва Шикотан также характерно распространение сообществ морских трав *Z. japonica* – в среднем горизонте и *Z. marina* в нижнем горизонте литорали.

Оценка сходства качественного состава макробентоса показала, что изученные участки литорали разделились в основном на 2 кластера (рис. 1). Один кластер (А) составили исследованная в 2022 г. кутовая часть зал. Восток и б. Дельфин (уровень сходства 37.6%). Другой кластер (В) составили бухты Отрадная, Горобец, Крабовая и зал. Восток 1990 г. (43.7%). По-видимому, для каждого района в определенный период времени характерен свой видовой состав литорального макробентоса, влияние на который может оказывать степень опреснения, изменение гранулометрического состава грунта, антропогенная нагрузка и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 гг. (Проект № 123080800009-5).

1. Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А. Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1996. Т. 22. № 2. С. 81–88.
2. Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флоро-фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 5–75.
3. Кусакин О.Г., Цурпало А.П. Многолетние изменения литорального макробентоса бухты Крабовая (остров Шикотан) в условиях разной степени органического загрязнения // Биол. моря. 1999. Т. 25. № 3. С. 209–216.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПЯТИ ВИДОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Чадова К. А¹, Шульгина М. А.^{1,2}

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН г. Владивосток

^{1,2}Научно-образовательный комплекс “Приморский океанариум” – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН г. Владивосток
chadova_9595@mail.ru

Диатомовые водоросли Bacillariophyta являются важнейшими первичными продуцентами в морских и пресноводных экосистемах, их всё чаще рассматривают как перспективный объект для использования в аквакультуре и производстве кормов. Одним из главных факторов, определяющих высокую биологическую ценность диатомей, является богатый и разнообразный профиль жирных кислот (ЖК), в том числе ω -3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), таких как эйкозапентаеновая (ЭПК, 20:5 ω -3) и докозагексаеновая (ДГК, 22:6 ω -3) кислоты, которые играют ключевую роль в метаболизме, росте и репродуктивной функции гидробионтов. Известно, что качественный и количественный состав ЖК может существенно различаться между видами диатомей, что делает актуальным их сравнительное изучение с целью поиска наиболее ценных штаммов. В данном исследовании представлен сравнительный анализ состава ЖК нескольких видов диатомовых водорослей, культивируемых в одинаковых условиях, с акцентом на выявление штаммов с наибольшим содержанием физиологически значимых ПНЖК и потенциалом для биотехнологического применения.

В период с 2019–2021 гг. образцы *Thalassiosira pseudonana*, *Skeletonema menzeli*, *Conticribra guillardii*, *T. oceanica* и *T. minima* (Talassiosirales) отбирали 5-литровым батометром Нискина с поверхностного горизонта на мониторинговых станциях в зал. Петра Великого (Японское море). Каждую клетку отмывали 5–7 раз в стерильной морской воде, затем помещали в лунку 96-луночного планшета, предварительно заполненную 200 мл питательной среды f/2. Планшеты помещали в климатическую камеру при температуре 20 ± 2°C, освещенности 3500 лк, свето-темновым периодом 12 ч свет : 12 ч темнота. Для ЖК анализа биомассу водорослей собирали центрифугированием (2000 об/мин в течение 10 мин) в экспоненциальной фазе роста и переносили в стеклянные виалы со смесью хлороформ : метанол (1 : 2, об:об). Липиды экстрагировали методом Блайя и Дайера [1]. Метилловые эфиры ЖК (МЭЖК) получали гидролизом липидных фракций с 2% серной кислотой в метаноле при 90°C в течение часа. Анализ МЭЖК проводили при помощи газожидкостной хроматографии с пламенно-ионизационным детектором. Идентификацию МЭЖК выполняли путем расчета эквивалентной длины цепи [2]. Структуру ЖК

подтверждали анализом МЭЖК и диметилноксазолиновых (ДМОКС) производных ЖК при помощи газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. ДМОКС производные ЖК получали методом Светашева [3]. Результаты приведены как процент от суммы всех ЖК.

Сравнение ЖК состава пяти видов диатомовых водорослей выявило выраженные межвидовые различия в содержании отдельных кислот. *Conticribra guillardii* продемонстрировала наибольшее общее содержание ω -3 ПНЖК – 34.67%, что значительно превышает значения у остальных видов. Уровень ЭПК у этого вида составил 28.14%, а ДГК – 5.43%, что также является максимальным среди всех исследованных водорослей. Высокие показатели этих кислот определили и наибольшее значение суммы ЭПК+ДГК – 33.57%. Кроме того, *C. guillardii* характеризовалась высоким содержанием общей фракции ПНЖК (59.72%) при относительно низком уровне мононенасыщенных кислот (МНЖК – 14.42%) и насыщенных жирных кислот (НЖК – 23.43%). У *Thalassiosira minima* содержание ω -3 ПНЖК составило 25.64%, с уровнем ЭПК 19.14% и ДГК 3.13%. Общее количество ПНЖК – 48.40%, а МНЖК – 18.95%. Интересно, что у этого вида также наблюдалась высокая концентрация кислоты 16:3 ω -4 (14.59%) – наибольшая среди всех исследованных водорослей. *Skeletonema menzelii* характеризовалась суммарной долей ω -3 ПНЖК 22.56%, с 13.72% ЭПК и довольно высоким уровнем ДГК – 6.63%, что является вторым по величине значением среди исследованных видов. В целом, доля ПНЖК составила 36.07%, МНЖК – 29.36%, НЖК – 33.09%. Этот вид также выделялся повышенным содержанием ЖК 18:1 ω -7 (4.18%) и 24:1 ω -9 (0.76%). У *Thalassiosira pseudonana* доля ω -3 ПНЖК достигала 21.77%, в том числе ЭПК – 13.41%, ДГК – 3.09%. Общее содержание ПНЖК – 35.78%, МНЖК – 24.71%, а уровень насыщенных ЖК составил 38.52% – наивысший показатель среди всех пяти видов. Кроме того, *T. pseudonana* обладала более высокой концентрацией ЖК 16:1 ω -7 (21.28%) и 14:0 (8.34%), по сравнению с другими видами. *Thalassiosira oceanica* продемонстрировала наименьшее содержание ω -3 ПНЖК – 19.99%, из них 11.93% приходилось на ЭПК и 3.77% на ДГК. При этом общее количество ПНЖК составило 40.89%, МНЖК – 29.77%, а НЖК – 21.54% – минимальное среди всех видов. Также у этого вида обнаружено более высокое по сравнению с другими видами содержание 18:1 ω -7 (11.85%) и разветвленной МНЖК 19:1 (3.04%).

У всех исследованных видов диатомей соотношение ω -6/ ω -3 ПНЖК оставалось крайне низким, варьируя от 0.03 (*C. guillardii*) до 0.06 у остальных видов, что свидетельствует о выраженной ω -3-направленности жирнокислотного профиля. Содержание ω -6 ПНЖК варьировало от 1.12% до 1.50%. Наибольшее содержание разветвлённых ЖК наблюдалось у *T. oceanica* (7.80%), тогда как у остальных видов этот показатель не превышал 2.50%.

Таким образом, *Conticribra guillardii* выделяется на фоне остальных видов как наиболее богатый источник ω -3 ПНЖК, особенно ЭПК, в то время как *Skeletonema menzelii* интересна высоким уровнем ДГК. Различия в соотношении

ПНЖК, МНЖК и НЖК подчеркивают разнообразие липидного метаболизма между видами диатомей.

Работа выполнена в рамках тем НИР 124021900009-6 “Динамика морских экосистем, адаптации морских организмов и сообществ к изменениям среды обитания” и 121041400229-4 “Молекулярно-биологические и биохимические исследования морских организмов”. Исследования частично проводились на площадке ЦКП “Приморский океанариум”, НИЦМБ ДВО РАН (Владивосток).

1. Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. 1959. V. 37. P. 911–917.
2. Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography: A reappraisal // J. Chromatogr. A. 1988. V. 447. P. 305–314.
3. Svetashev V.I. Mild method for preparation of 4,4-dimethyloxazoline derivatives of polyunsaturated fatty acids for GC-MS // Lipids. 2011. V. 46. P. 463–467.

МОНИТОРИНГ МИДИЙНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Челядина Н. С., Попов М. А.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, chelydina2007@mail.ru

Мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819 является одним из доминантных и популярных объектов культивирования в Азово-Черноморском бассейне [2]. Помимо использования в качестве ценного морепродукта, *M.galloprovincialis* активно используется в биомониторинге водной среды [1]. Для разработки стратегий устойчивого управления аквакультурными ресурсами важно проводить мониторинг мидийных популяций из различных мест обитания.

В этом исследовании представлены результаты анализа биомаркеров, связанных с условиями окружающей среды (аллометрические индексы, окраска раковины и половая структура) в популяции *Mytilus galloprovincialis* из естественных и искусственных поселений прибрежной акватории Азово-Черноморского побережья Крыма. Экспериментальную часть работы проводили в прибрежной зоне Азово-Черноморского побережья с мая 2023 по июль 2024 гг. Мидию *M. galloprovincialis* (размер раковины ≥ 50 мм) ежемесячно собирали с фермы Внешнего рейда г. Севастополя (44°37'7"N, 33°30'9"E), а также из естественных поселений в бухте Южная (44°35'52"N, 33°31'44"E), а побережье Инкермана (44°36'28"N, 33°35'54"E) и Хрустального пляжа (44°37'N, 33°31'6"E), у мыса Казантип (45°27'13"N, 35°49'7"E) и в бухтах Омега (44°35'56"N, 33°26'29"E) и Балаклавская (44°29'48"N, 33°35'55"E). У всех моллюсков штангенциркулем в мм измеряли длину (L), высоту (H) и ширину (D) раковины. Для определения формы раковины использовали апробированные аллометрические индексы отношений высоты створки к её длине (H/L) – вытянутость и ширины к длине (D/L) – выпуклость [1]. Для определения пола использовали методику визуального изучения мазков гонад под микроскопом Jenaval. Окраску раковины моллюска определяли по методике, предложенной Драголи А. П., который среди разнообразных форм окраски раковины выделял мидий с чёрной (Ч) и коричневой (К) окраской.

Согласно результатам анализа соотношения полов, в изучаемых акваториях в исследуемый период в целом преобладали самцы *M. galloprovincialis*. Среди исследованных моллюсков обнаружено 1–2% гермафродитных особей. Соотношение полов в разных местообитаниях различалось (таблица), наибольшее преобладание самцов наблюдалось в б. Омега, наименьшее – в прибрежье Инкермана и в б. Южная.

Таблица. Среднегодовое соотношение полов и фенотипов у *Mytilus galloprovincialis* в разных районах исследования

Район исследования	Соотношение полов (♀ : ♂)	Соотношение фенотипов (К : Ч)
Внешний рейд	1 : 2	1 : 5
Бухта Южная	1 : 2	1 : 14
Инкерман	1 : 2	1 : 13
Хрустальный пляж	1 : 4	1 : 14
Мыс Казантип	1 : 3	1 : 6
Бухта Омега	1 : 8	1 : 5
Балаклавская бухта	1 : 5	1 : 2

Сравнительный анализ морфометрических индексов мидий из разных акваторий показал, что наибольшим индекс Н/Л был у моллюсков из бухт Южная и Омега, а также из побережья Инкермана и у пляжа Хрустальный. По индексу D/L достоверных отличий в зависимости от среды обитания не выявлено (рис. 1).

Таким образом, на исследуемых территориях независимо от местообитания преобладали мидии с черной окраской раковины. Во всех акваториях отмечен сдвиг соотношения полов в сторону самцов. Индекс Н/Л более чувствителен к изменениям окружающей среды. Изученные биологические показатели (соотношение полов, окраска раковины и морфометрические показатели) могут быть применены и к другим акваториям мирового океана для оценки воздействия окружающей среды на поселения мидий. Эти индикаторы могут лечь в основу будущих биологических систем раннего оповещения (BEWS).

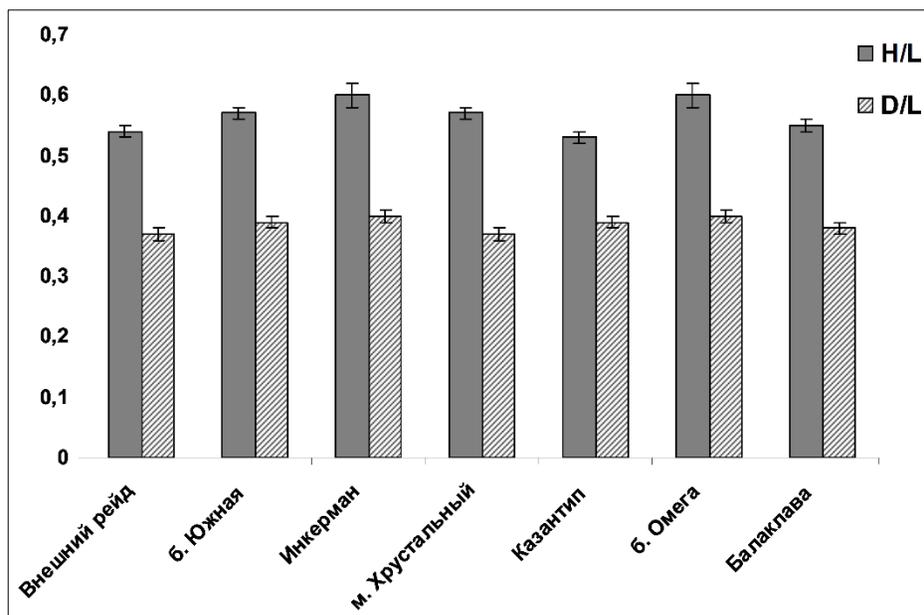


Рисунок 1. Морфометрические индексы *Mytilus galloprovincialis* из разных районов исследования

Работа выполнена в рамках Госзадания ИНБИОМ № 1124022400152-1

1. Дехта, В.А., Каталевский, Н.Н. Содержание химических элементов в раковинах и изменчивость их форм у мидий *Mytilus galloprovincialis* прибрежной зоны Черного моря //Геоэкологические исследования и охрана недр. 2000. № 3. С. 26–33.
2. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. Воронеж. 2017.

МЕХАНИЗМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ – КОМПАСЫ И КАРТЫ

Чернецов Н. С.^{1,2}

¹ Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
nikita.chernetsov@gmail.com

Способность птиц совершать миграции на большие расстояния широко известна. Так же хорошо известно, что многие птицы после миграции на сотни и тысячи километров могут очень точно возвращаться в районы, где они родились или ранее размножались. Эта явление называется филопатрией, и для его существования птицы должны иметь способность к точной истинной навигации, т.е. способность определять положение цели перемещения, выбирать и поддерживать путь к ней без прямого сенсорного контакта с целью [1].

В середине XX века Густав Крамер сформулировал концепцию карты и компаса, согласно которой для осуществления навигации птицы (а вообще говоря, любые животные, совершающие дальние перемещения, т.е. выходящие за пределы своего обычного участка обитания) должны иметь, во-первых, карту, а во-вторых, компас [2]. Картой принято называть ментальную репрезентацию пространства на том масштабе, на котором животное должно перемещаться, а компасом – способность выбирать и поддерживать направление движения относительно сторон света. Карта нужна только для тех животных, которые совершают дальние перемещения, а компас нужен очень многим подвижным животным, в том числе и не совершающим дальних миграций, для успешных перемещений в пределах индивидуального участка обитания. Таким образом, вопрос о том, как мигрирующие животные находят дорогу, распадается на два тесно связанных, но отдельных вопроса: какова физическая и сенсорная природа карты и какова физическая и сенсорная природа компаса.

Исторически сложилось так, что компасные системы птиц изучены значительно лучше, чем системы позиционирования (карты). В настоящее время существует консенсус, согласно которому у мигрирующих птиц есть три независимые компасные системы: солнечная, звёздная и магнитная [1]. Первые две основаны на движении небесных тел и зрении (солнечная также на внутренних часах), а третья – на способности птиц к магниторецепции. Эта сенсорная модальность, которая отсутствует у человека, была открыта около полувека назад [3] и в настоящее время вызывает большой интерес у биофизиков, сенсорных физиологов и нейробиологов. Вопрос о том, как информация от разных компасных систем интегрируется и приводит к выбору нужного компасного направления, является отдельной интересной научной проблемой.

Относительно природы системы позиционирования (навигационной карты) птиц согласия у исследователей гораздо меньше. По-видимому, одна из

таких систем – геомагнитная, основанная на градиентах геомагнитного поля. В настоящее время считается, что работа магнитной карты обеспечивается отдельным рецептором, не имеющим никакого отношения к магнитному рецептору, обеспечивающему работу магнитного компаса [1]. Если это так, возникает вопрос, как и почему в процессе эволюции у птиц возникли две совершенно разные системы для восприятия одного физического стимула (магнитного поля). Кроме того, следует отметить, что даже теоретически, в идеальном случае, использование одних лишь параметров магнитного поля Земли не может обеспечить ту точность навигации, которая известна у птиц по данным кольцевания. Это делает необходимым существование иной системы навигации на меньшем пространственном масштабе. Ряд авторов предполагают, что такой системой может быть ольфакторная, использующая постоянные градиенты запахов. Вопрос о существовании запаховой карты у птиц является предметом дискуссий. С одной стороны, есть убедительные экспериментальные данные в пользу существования запаховой карты у голубей и трубконосых, а с другой – ряд теоретических проблем (в первую очередь сама возможность существования градиентов пахучих веществ в атмосфере, стабильных как в пространстве, так и во времени) остаются нерешёнными.

Исследование поддержано грантом РФФ 24-14-00085.

1. Чернецов Н.С. Ориентация и навигация мигрирующих птиц // Зоол. журн. 2016. Т. 95. № 2. С. 128–146.
2. Kramer G. Experiments in bird orientation and their interpretation // Ibis. 1957. V. 99. № 2. P. 196–227.
3. Wiltschko W., Wiltschko R. Magnetic compass of European Robins // Science. 1972. V. 176. № 4030. P. 62–64.

ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА АКВАТОРИИ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА “ГЕЛЕНДЖИК” (ЧЕРНОЕ МОРЕ): РОЛЬ ВИДОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ В ПРОЦЕССАХ СЕКВЕСТИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА

Чикина М. В., Колючкина Г. А., Симакова У. В.

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г. Москва, *chikina@ocean.ru*

В конце XX века были зарегистрированы изменения структуры донных сообществ Черного моря, обусловленные антропогенной гиперэвтрофикацией и вселением чужеродных видов. В начале XXI века эти изменения затронули донные сообщества как скальных, так и рыхлых грунтов узкого шельфа северо-восточного побережья [3]. Произошла деструкция биоценозов нижней фитали, наблюдались ежегодные колебания численности и биомассы макрозообентоса, преимущественно за счет таксоцена *Vivalvia*, отмечены изменения структуры сообществ и смена доминантов. Известно, что *двустворчатые моллюски, которые* являются доминантами макрозообентоса [1], *играют* основную роль в захоронении органического и карбонатного углерода на шельфе Черного моря. Изучение потоков климатически активных газов является основной задачей исследований на карбонатовом полигоне “Геленджик”, где была проведена оценка вклада шельфовых экосистем Черного моря в эмиссию и секвестр CO₂ и выполнены исследования современного состояния прибрежной донной экосистемы.

Проведенная в 2023 г. с использованием телеуправляемого подводного аппарата Ровбилдер РБ-600 рекогносцировочная видеосъемка позволила определить точки для отбора проб бентоса на рыхлых и скальных грунтах. Пробы макрофитобентоса отбирали в области грядового бенча и определяли видовой состав и количественные характеристики макрофитов (численность и сухая биомасса). На рыхлых грунтах на 10 станциях выполнили съемку с использованием дночерпателя “Океан” с площадью раскрытия 0,1 м². По данным дночерпательной съемки проведен полный количественный анализ, а также анализ изменений основных количественных показателей (численность, биомасса и видовое разнообразие) и таксономической структуры донной фауны с глубиной. Полученные результаты согласуются с предыдущими исследованиями северо-восточного побережья Черного моря, подтверждая общие закономерности распределения бентосных сообществ в этом районе [2].

Сообщества бентоса рыхлых грунтов демонстрируют высокие показатели видового разнообразия при относительно низкой биомассе, что обусловлено локальным влиянием речного стока, особенностями гидрологического режима и структурой грунтов. Среди доминантов на полигоне представлены разнообразные виды двустворчатых моллюсков, включающие как недавнего вселенца *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), так и автохтонные виды *Chamelea gallina* (L., 1756), *Mytilus galloprovincialis*, (Lam., 1819), *Gouldia minima* (Montagu, 1803), *Pitar rudis* (Poli, 1795) и *Papillicardium simile* (Milaschewitsch, 1909). Отмечены виды с разной жизненной стратегией: сравнительно крупноразмерные (*C. gallina*, *P. rudis*, *A. kagoshimensis*, *Ch. gallina*, *M. galloprovincialis*) и мелкоразмерные виды (*G. minima*, *P. simile*), виды с

высокой продолжительностью жизни (*A. kagoshimensis*, *Ch. gallina*, *M. galloprovincialis*) и короткоживущие (*G. minima*, *P. simile*). Полученные данные позволяют выполнить дальнейшую оценку поставки карбонатного углерода в осадки и потоков углекислого газа в системе вода-биота-дно для акватории карбонового полигона.

На грядовом бенче отмечено снижение видового разнообразия макрофитобентоса по сравнению с 2000-ми годами [2] и интенсивное развитие на талломах многолетних макрофитов инвазивной красной водоросли-эпифита *Bonnemaisonia hamifera* Hariot. Подавление роста нативных макрофитов и трансформация сообществ первичных продуцентов на морском дне могут оказать существенное влияние на процессы секвестрации углерода в прибрежной зоне. Кроме того, впервые для Кавказского сектора моря на мергелевых скалах отмечены необычно широкое распространение и высокая численность двустворчатого моллюска-камнеточца *Rocellaria dubia* (Pennant, 1777). Способность этого вида разрушать карбонатные субстраты, в том числе скальные породы, искусственные субстраты и раковины моллюсков, при его высоком обилии может потенциально снизить эффективность секвестрации углерода морской экосистемой.

Таким образом, присутствие инвазивных видов выявлено как в биоценозе скал, так и на рыхлых грунтах. При этом поясность биоценозов макробентоса рыхлых грунтов сохранена и структура сообществ не отличается от других районов узкого шельфа Кавказского побережья, где в ряде сообществ виды-вселенцы занимают позиции доминантов или субдоминантов. В биоценозе скал выявлены изменения структуры макробентоса по сравнению с 2000-ми годами, и ведущую роль в этом играют инвазивные виды и ранее редкие виды-камнеточцы. Результаты исследования подчеркивают необходимость продолжения мониторинга прибрежных экосистем.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИО РАН FMWE-2023-0001

1. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря. Киев: Наук. Думка, 1981. 168 с.
2. Экологический Атлас. Чёрное и Азовское моря. М.: ПАО НК "Роснефть", 2019. 463 с..
3. Кучерук Н.В., Флинт М.В., Максимова О.В., и др. Современная динамика бентосных сообществ северо-восточного шельфа Черного моря // Изменение природной среды России в XX веке. М.: Молнет, 2012. С. 274–288.

САЛЬПА *SALPA THOMPSONI* FOXTON, 1966 В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ: ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2022 ГОДА

Чудиновских Е. С.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, chudhel@yandex.ru

Вид *Salpa thompsoni* Foxton, 1966, который встречается в экваториальных, умеренных и высоких широтах, является самым распространенным видом сальп в Атлантическом секторе Антарктики (АСА). Сальпы – это неизбирательные фильтраторы с очень высокой активностью [1], темпы их роста самые высокие среди многоклеточных [2], что способствуют быстрому увеличению их обилия. Повышение температуры вод благоприятствует расширению и распространению сальп на юг ареала.

Цель данной работы – проведение анализа распределения размерно-возрастного состава сальпы *Salpa thompsoni* в АСА. В январе–феврале 2022 г. в 87-ом рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш” исследованы 5 районов АСА: прол. Брансфилда, Южные Оркнейские о-ва, море Уэдделла, прол. Антарктик и побережье о-ва Шишкова.

В сообществе макропланктона в период исследований в январе 2022 г. доминировала *S. thompsoni*. Её численность и биомасса варьировали от 0 до 202 экз./1000 м³ и от 5 до 201 г/1000 м³ соответственно (в проливе Антарктик сальпы не обнаружены). Самые большие концентрации (201.5 экз./1000 м³) отмечены в центре бассейна Пауэлла (море Уэдделла).

Район исследований был разделен на два подрайона: отдельно рассматривали пролив Брансфилда и бассейн Пауэлла, а также Южные Оркнейские о-ва и о-в Шишкова. Исследования температуры поверхности океана и приповерхностного ветра, а также анализ абсолютной динамической топографии со скоростями геострофического течения (Bitiutskii et al., 2022) показали наличие циклонической завихренности, приведшей к подъему глубинных вод и ставшей одной из причин повышенного содержания хлорофилла *a* на юге от пролива Антарктик (широта 64°S, долгота 48°W).

Пролив Брансфилда. Самый крупный улов *S. thompsoni* отмечен в южной части прол. Брансфилда – 2980 экз. мелкоразмерных особей. Более 50% составили сальпы 0 – I стадий зрелости (10–15 мм) и 30% – особи II стадии зрелости (20–25 мм).

В центральной части пролива преобладали среднеразмерные особи II (20–25 мм) и III (30–45 мм) стадий зрелости. В северной части численность сальп в ловах была минимальна, но это были особи V стадии зрелости (максимальный размер 50–75 мм) с выпущенным эмбрионом и основным вкладом в биомассу. В целом в данной акватории в центральной и южной частях пролива по частоте

встречаемости преобладали мелко- (10–15 мм) и среднеразмерные особи (25–30 мм). По биомассе основной вклад вносили малочисленные крупно- (45–70 мм) и среднеразмерные особи (25–30 мм).

Крупные половозрелые *S. thompsoni* активно размножались в более теплых шельфовых водах Южных Шетландских о-вов, где наблюдался повышенный уровень хлорофилла *a* (1–2 мг/м³ по судовым измерениям и 0.5–1 мг/м³ по спутниковым данным). С теплым течением Брансфилда сальпы перемещались из западной части пролива к восточной. Антарктическое прибрежное течение с юга переносило фитопланктон из акватории с массовым цветением в проливы Антарктик и Брансфилда, создавая кормовую базу для развития молоди сальп в южной и центральной части пролива, помогая распространению их с восточного края пролива обратно к западному и в центр. Этим можно объяснить распределение размерно-возрастного состава в прол. Брансфилда: крупные половозрелые особи в шельфовой зоне Южных Шетландских о-вов, особи II – III стадий зрелости в центральной части и преобладающие в ловах особи 0 – I стадий зрелости в южной части.

Бассейн Пауэлла, Южные Оркнейские острова и остров Шишкова.

Высокие значения концентрации хлорофилла *a* (более 3 мг/м³) наблюдались в северо-западной части моря Уэдделла (район о-ва Шишкова). Повышенные значения концентрации хлорофилла *a* (2 – 3 мг/м³ по судовым измерениям и около 1 мг/м³ по спутниковым данным) зафиксированы также на шельфе Южных Оркнейских о-вов по направлению на юго- и северо-запад. Повышенные значения температуры поверхностных вод (до +1.8°C) так же отмечались в северной части моря Уэддела, захватывая шельфовые воды Южных Оркнейских о-вов и о-ва Шишкова.

Преобладающие скопления сальп отмечались по всему разрезу через бассейн Пауэлла и восточнее Южных Оркнейских о-вов, а также вблизи о-ва Шишкова. По встречаемости в бассейне Пауэлла преобладали сальпы I – II стадий развития размером 15–25 мм.

Основной вклад по биомассе вносили сальпы длиной 30–35 и 55–60 мм. Самый большой улов по численности зафиксирован вблизи Южных Оркнейских о-вов: особи от 10 до 25 мм II стадии развития (69%). Вблизи о-ва Шишкова в лове обнаружено минимальное число сальп, но это были крупные особи длиной от 40 до 100 и более мм. Их основную массу (42%) составляли сальпы V стадии зрелости с многочисленными выпущенными эмбрионами, доля особей II и III стадии была 34% и 21% соответственно.

Сложная система течений, температурные колебания, гидрологические фронты и образующиеся поля вихрей влияют на интенсивность хлорофилла *a*, создавая в определенных районах благоприятные трофические условия для развития и размножения сальп. Максимальные скопления молоди сальп I – II стадий зрелости отмечались в бассейне Пауэлла, в центральной части прол. Брансфилда и в районе Южных Оркнейских о-вов.

*Работы выполнены в рамках Госзадания № 121090800137-6
“Комплексные исследования современного состояния экосистемы
Атлантического сектора Антарктики”.*

1. Самышев Э. З., Минкина Н. И. Структурно-функциональная организация антарктического планктона / ФИЦ “Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН. Севастополь; Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2023. 398 с.
2. Bitiutskii D.G., Samyshev E.Z., Minkina N.I., et al. Distribution and demography of antarctic krill and salps in the Atlantic sector of the Southern Ocean during austral summer 2021–2022 // Water. 2022. V. 14, № 23. Art. ID 3812. <https://doi.org/10.3390/w14233812>)

ПЕРЕНАСЫЩЕНИЕ ВОДЫ КИСЛОРОДОМ – ОБЫЧНОЕ ЯВЛЕНИЕ В ГИПЕРСОЛЕННЫХ ЛАГУНАХ И ОЗЕРАХ КРЫМА: ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ И ЭКОСИСТЕМНАЯ РОЛЬ

**Шадрин Н. В.¹, Дьяков Н. Н.², Латушкин А. А.¹, Празукин А. В.¹,
Ануфриева Е. В.¹**

¹*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь, snickolai@yandex.ru*

²*Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова,
г. Севастополь*

Концентрация растворенного кислорода влияет на все геохимические и биологические процессы в водоемах. Обеднение или перенасыщение им может выступать в качестве сильного стрессового фактора для водных животных. В последние десятилетия в различных водоемах содержание кислорода снижается в глобальном масштабе. Это снижение приводит ко множеству негативных последствий для водных экосистем, их биогеохимических циклов, биологических ресурсов, деятельности человека и т.д. В связи с этим изучению экологических эффектов гипоксии уделяется достаточно много внимания. Этого нельзя сказать об исследованиях гипероксии, хотя перенасыщение кислородом также является довольно распространенным природным явлением. Эвтрофикация вод ведет к тому, что явления гипо- и гипероксии стали более распространенными в последние годы, нередко они становятся основным стрессовым фактором для водных животных. Явления гипероксии и их экосистемная роль плохо изучены в гиперсолёных водах. Приводятся данные о перенасыщении воды кислородом в гиперсолёной лагуне Сиваш и морских озерах Крыма.

Зал. Сиваш – это крупнейшая гиперсолёная лагуна мира, которая занимает площадь 2560 км² [1, 2]. Залив отделен от Азовского моря песчаной косой Арабатская стрелка (длина – более 113 км, ширина – от 270 м до 8 км). Залив мелководен, характеризуется высокой биологической продуктивностью и претерпел в 20 и 21 веках 3 кардинальные трансформации, связанные с антропогенной деятельностью. Проведенные в 21 веке многолетние исследования показали, что явления со значительным перенасыщением кислорода (до 300% и более) в лагуне обычны [1, 2]. Трехсуточные исследования динамики концентрации кислорода и других параметров проведенные в заливе в мае 2022 г., показали наличие четких суточных ритмов ряда параметров, включая кислород. Максимальная концентрация кислорода наблюдалась в солнечные дни в 16–17 часов, однако перенасыщение в ряде случаев сохранялось и в предутренние часы, что говорит о том, что состояния с перенасыщением воды кислородом в летнее время могут быть многодневными. В гиперсолёных морских озерах Крыма летом состояния перенасыщения кислородом до 500% насыщения также обычны, как и в подобных водоемах

других регионов [3]. В пасмурные дни, как правило, явления гипероксии в зал. Сиваш и морских озерах не наблюдали.

В солнечные дни отмечена прямая связь между концентрацией кислорода и температурой, и это, на первый взгляд, может показаться парадоксальным, поскольку растворимость кислорода в воде существенно снижается с ростом температуры. Однако наши результаты показали, что скорость увеличения фотосинтеза может перевешивать снижение растворимости кислорода с ростом температуры. Похожий случай был отмечен ранее в прибрежной зоне Красного моря. С ростом температуры увеличиваются скорость фотосинтеза и дыхания, а также разность между ними, при этом интенсивность обмена кислородом между водной массой и атмосферой с ростом температуры убывает. Следовательно, скорость накопления кислорода в воде увеличивается. Этим и объясняется возникновение ситуаций существенного перенасыщения воды кислородом в летние солнечные дни.

Гипероксия окружающей среды оказывает различное воздействие на организмы и популяции, которое можно классифицировать как угрозу или преимущество. Исследования влияния концентрации кислорода, включая его перенасыщение, на организмы в гиперсоленых водах не проводились, однако имеются некоторые данные по пресным и морским водоемам, на основе которых можно предположить, что перенасыщение воды до определенного значения снижает экстремальность существования в гиперсоленой среде, повышая, в частности, устойчивость к тепловым волнам. Очень высокие уровни перенасыщения кислородом могут вести к росту смертности. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

1. Гиперсоленые озера и заливы Крыма. Том II. Залив Сиваш. Росгидромет, ФГБУ Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова. Севастополь, 2023. 508с.
2. Shadrin N., Latushkin A., Yakovenko V., et al. Daily and other short-term changes in the ecosystem components of the world's largest hypersaline lagoon Bay Sivash (Crimea) // *Regional Studies in Marine Science*. 2024. V. 77. Art. ID 103643.
3. Гиперсоленые озера и заливы Крыма. Том I. Гиперсоленые озера Керченской группы. Росгидромет, ФГБУ Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова. Севастополь, 2023. 572 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ РОДА *CLADOPHORA*, ОБИТАЮЩИХ В КРЫМСКИХ ОЗЕРАХ С РАЗНОЙ СОЛЕНОСТЬЮ

Шановалова В. Е.^{1,2}, Лантушенко А. О.², Шадрин Н. В.¹, Ануфриева Е. В.¹

¹Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, г.

Севастополь

²Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

veshapovalova@sevsu.ru

Кладофора – это род зеленых нитчатых макроводорослей, обитающих по всему миру. Особенностью данного организма является высокая галотолерантность. В водоемах Крыма эти водоросли активно развиваются и создают внушительную биомассу, которая все больше привлекает внимание в качестве ценного сырья для использования в сельском хозяйстве, медицине, промышленности и т.д.

Ранее на Крымском полуострове были идентифицированы 4 вида водоросли рода *Cladophora*, при этом определение видовой принадлежности осуществляли морфологическими методами. Интересно отметить, что существенное влияние на морфологические характеристики водоросли могут оказывать абиотические факторы среды [1, 2]. Однако молекулярно-генетического сравнения образцов водорослей, собранных в водоемах разной солености, ранее не проводили. Поэтому вопрос о том, один ли вид существует во всем диапазоне солености или группа морфологически схожих видов-близнецов, оставался без ответа. Чтобы установить точное видовое различие необходимо использовать молекулярно-генетические методики. Для генетического анализа была выбрана короткая консервативная последовательность гена 28S-рибосомной РНК (рРНК). Материалом для исследования послужили полевые пробы из озер Ярылгач (соленость 80 г/л) и Кирлеутское (соленость 25 г/л). ДНК выделяли с помощью набора СОРБ-ГМО-Б фирмы “Синтол”, содержащего хлороформ. Разработку праймеров осуществляли с помощью алгоритма Primer BLAST базы данных NCBI. Для ПЦР-анализа использовали набор реактивов 5x ScreenMix-HS фирмы “Evrogen”. Используя гель-электрофорез полученных ПЦР-продуктов, определили, что длина фрагмента ДНК составляет порядка 500 нуклеотидов. Секвенирование по методу Сенгера осуществляли с использованием набора GenSeq на генетическом анализаторе Нанофор-05 (Синтол). Для полученных фрагментов ДНК с целью определения видовой принадлежности построили филогенетическое дерево.

Полученные результаты свидетельствуют, что в озере Ярылгач обитает кладофора *C. vagabunda*. Но виды *C. gromerata*, *C. vadorum*, *C. subtilissima* и образец из озера Кирлеутское по исследованной нуклеотидной последовательности 28S образуют общую кладу, что делает определение видовой принадлежности данного образца затруднительным. Тем не менее на основании анализа кладограммы можно сделать заключение, что, несмотря на

генетические различия между *Cladophora* из озёр Ярылгач и Кирлеутское, эти виды остаются близкородственными. Однако для генетического анализа данных видов целесообразно использовать несколько нуклеотидных последовательностей.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>.

1. Prazukin A.V., Anufrieva E.V., Shadrin N.V. Is biomass of filamentous green algae *Cladophora* spp. (Chlorophyta, Ulvophyceae) an unlimited cheap and valuable resource for medicine and pharmacology? A review // Rev. Aquacult. 2020. V. 12, № 4. P. 2493–2510.
2. Elenkov I., Stefanov K., Dimitrova-Konaklieva S., Popov S. Effect of salinity on lipid composition of *Cladophora vagabunda* // Phytochem. 1996. V. 42, № 1. P. 39–44.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПЕРВОЕ ОПИСАНИЕ ЛИЧИНОК СЕДЛОВИДНОГО БЫЧКА *MICROCOTTUS SELLARIS* (GILBERT, 1896) (TELEOSTEI, COTTIDAE)

Шелехов В. А., Подлесный А. В.

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток, shelekhov@mail.ru

Седловидный бычок – непромысловый вид рыб, особи которого достигают длины TL не более 12.5 см. Он распространён в северных районах Тихого океана от северной части Японского до Берингова моря. Южная граница его ареала проходит в зал. Петра Великого, где он достаточно обычен в прибрежной зоне. Известна также его поимка в южной части Чукотского моря.

Сведения по биологии этого вида в литературе крайне ограничены. Известно, что *Microcottus sellaris* обитает в пределах глубин 0–60 м. В условиях зал. Восток его нерест проходит ранней весной на глубинах 2–5 м. Мальки этого вида с длиной тела TL от 20 мм известны в сборах из Охотского моря [1] и были отмечены в устьях рек Карагинского залива Берингова моря, где в июльских уловах при температуре воды от 8.3 до 19.7°C и солёности от 0 до 33‰ присутствовали мальки с длиной тела 2.0–3.9 см [2]. В зал. Восток они облавливались на световых станциях в апреле–мае. Личинки этого вида ранее описаны не были.

В середине мая 2025 г. на световой станции в б. Житкова (о-в Русский, зал. Петра Великого) нами пойманы две личинки (предположительно Cottidae) с длиной тела TL 10.0 и 10.6 мм (NL 9.3 и 9.9 мм соответственно). Пигментация их тела была не характерной для описанных ранее личинок видов семейства Cottidae, обитающих в заливе. При близкой длине тела отдаленное сходство в расположении пигмента обнаруживалось с личинками рыб семейства Psychrolutidae и некоторых представителей рода *Cottus*, неизвестных для данного района [3].

Личинки с подобной пигментацией обнаружены нами впервые за более чем семилетний период круглогодичного мониторинга в б. Житкова, что говорит об их относительной редкости для данной акватории. Личинок зафиксировали 95% этанолом, измерили и сфотографировали под микроскопом Nexcore NSZ608T (рис. 1).

Видовую принадлежность личинок установили на основе последовательностей генов цитохромоксидазы 1 (*COI*) и цитохрома b (*cytb*) мтДНК в BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). ДНК экстрагировали с использованием GeneJET Genomic DNA Purification Kit (ThermoFisher Scientific). Для амплификации последовательности генов *COI* и *cytb* использовали следующие пары праймеров: FishF1 tcaaccaaccasaagacattggcac и FishR1 tagacttctgggtggccaaagaatca, а также Fish-cytb-F accaccgttgattcaactacaagaac и THR-Fish-R acctccgatcttcggattacaagacc соответственно. Прямая и обратная последовательности были собраны с использованием программного обеспечения

Geneious R11 (www.geneious.com). Обе личинки идентифицированы как *Microcottus sellaris*.



Рисунок 1. Внешний вид личинок *Microcottus sellaris*. А – NL 9.3 мм, В – NL 9.9 мм.

Значения счетных признаков, которые хорошо видны у описываемых личинок, совпадают с признаками, известными для взрослых особей *M. sellaris*: D VIII 13–14, A 11, P 17.

Для личинок данного вида на стадии flexion (рис. 1) характерна интенсивная пигментация головы, жаберных крышек, орбит и основания грудных плавников. Брюхо также пигментировано особенно над кишечником и снизу от горла до ануса. По мере роста личинок пигментация, очевидно, усиливается и распространяется на челюсти, истмус и туловище примерно до вертикали середины первого спинного плавника. Помимо меланофоров, крупных звездчатых на голове, основании грудных плавников и кишечнике, но более мелких и компактных на остальных участках, присутствуют также ксантофоры, придающие передней части тела личинок общий желтоватый фон. В задней части тело остается лишенным пигмента за исключением постанального ряда меланофоров. Вдоль основания анального плавника этот ряд представлен крупными меланофорами по одному на каждый миомер, а далее до основания лучей хвостового плавника меланофоры становятся более мелкими и вытянутыми вертикально, а их количество на каждый миомер

увеличивается до двух. Вдоль основания нижних лучей хвостового плавника у личинок виден нерегулярный ряд из 6–7 мелких, точечных меланофоров.

Судя по опубликованным ранее фотографиям мальков этого вида с длиной тела TL 20–21 мм [1], при таких размерах пигментация распространяется уже на все тело. Общий фон мальковой окраски коричневатый.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 14021900011-9 “Биоразнообразие Мирового океана: таксономия и эволюция, репродуктивная биология, биогеография и биоинвазии”.

1. Воскобойникова О.С., Назаркин М.В., Голубова Е. Ю. Ранние стадии развития рыб северной части Охотского моря. В серии: Исследования фауны морей. СПб: ЗИН РАН. 2012. Т. 68(76). 108 с.
2. Максименков В.В. Питание молоди седловидного бычка *Microcottus sellaris* в эстуариях рек Карагинского залива Берингова моря // Вопр. ихтиологии. 1996. Т. 36. № 1. С. 138-140.
3. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Атлас икры, личинок и мальков рыб Российских вод Японского моря. Владивосток: Дальнаука. 2008. 223 с.

СЕРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЫКНОВЕННОГО ТЮЛЕНЯ (*PHOSA VITULINA STEJNEGERI*) КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

**Шибанова П. Ю.¹, Соловьева М. А.¹, Журавлева П. С.¹, Мамаев Е. Г.²,
Рожнов В. В.¹, Найдено С. В.¹**

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

² Государственный национальный парк "Командорские острова"

им. С.В. Маракова, с. Никольское

Тихоокеанский (курильский) подвид обыкновенного тюленя, или антур (*Phoca vitulina stejnegeri*, Allen, 1902), распространен на Курильских о-вах, полуострове Камчатка, Командорских и Алеутских о-вах и включен в Красную книгу. В настоящее время большинство исследований данного подвида ограничиваются учетами численности, однако для определения состояния популяции необходимо проведение работ по оценке благополучия и физиологического состояния животных. Исследования иммунитета животных, оценка степени воздействия на популяцию вирусных, бактериальных и паразитарных инфекций позволяют определить циркулирующие инфекции, оценить риски возникновения эпизоотий и выявить их последствия. В данной работе приведены результаты серологического исследования и оценки врожденного иммунитета антуров Командорских о-вов.

В период с 29 августа по 15 сентября 2022 г. на Командорских о-вах (м. Сулковского о-ва Медный и б. Старая Гавань о-ва Беринга) у 21 особи антура были взяты пробы крови для оценки присутствия антител к следующим патогенам: вирусу чумы плотоядных (ВЧП), герпесвирусу, микоплазме, хламидии, кандиде, трихинелле и токсоплазме. Оценку серопозитивности животных к различным патогенам проводили с помощью наборов ИФА, использовали коммерческие наборы компаний "IDVet" (Нидерланды) – наличие антител к трихинелле – и "Хема" (Россия). В исследуемой выборке выявлен процент серопозитивных животных к перечисленным выше патогенам, проведено сравнение с литературными данными, а также с показателями для тюленей закрытых водоемов – байкальской и каспийской нерп. Для оценки врожденного иммунитета проведены тесты гемоагглютинации, оценка сыворотки в тесте убийства бактерий, определены уровни лизоцима и иммуноглобулинов в сыворотках крови.

Наибольшее количество серопозитивных животных обнаружено по отношению к вирусу чумы плотоядных, которым переболели все исследованные животные (100%). Антитела к герпесвирусу обнаружены у 9 животных (42.86%). К микоплазме из обследованных тюленей серопозитивным оказался только 1 зверь (4.76%). Серопозитивными к хламидиям были 8 особей (38.10%), к кандиде – 4 (19.05%). Не выявлено серопозитивных животных к трихинелле, антитела к токсоплазме обнаружены у 7 тюленей (33.33%). У трех из 21 исследованной особи отмечена серопозитивность сразу к 5 заболеваниям:

токсоплазмозу, хламидиозу, кандидозу, герпесу и ВЧП; у двух – к 4 заболеваниям и у семи – к 3 заболеваниям одновременно. Концентрация лизоцима в сыворотке крови антуров составила от 273.41 до 481.45 мг/мл, иммуноглобулинов – от 56.76 до 182.16 мг/мл.

При сравнении с байкальскими и каспийскими нерпами у антуров выявлен более высокий процент животных, серопозитивных к вирусным заболеваниям, более низкий – к бактериальным и грибковым патогенам, и отмечены схожие показатели по наличию антител к паразитарным патогенам.

Работа выполнена в рамках Межведомственной комплексной программы научных исследований Камчатского полуострова и сопредельных акваторий.

ОСОБЕННОСТИ АЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО РОСТА АЗОВСКОЙ СЕРДЦЕВИДКИ *CERASTODERMA GLAUCUM* (BRUGUIERE, 1789)

Шинкаренко А. Т.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, mirzoevatonya21@gmail.com

Исследованы особенности аллометрического роста раковин азовоморской сердцевидки *Cerastoderma glaucum*. Характер зависимости между основными параметрами раковин *C. glaucum*: высота (H) – длина (L), ширина (D) – длина (L) хорошо описывается уравнением степенной зависимости:

$$Y = A \times X^b$$

Коэффициенты регрессии показывают, что у сердцевидок из разных районов Азовского моря пропорции раковины в онтогенезе изменяются с разной интенсивностью. В зависимости от величины углового коэффициента b аллометрия может быть положительной ($b > 1$), отрицательной ($b < 1$) или изометрической ($b = 1$) [1].

Коэффициент детерминации (R^2) для степенной зависимости высоты и ширины раковины моллюсков от длины был высоким (0.75–0.94 и 0.63 – 0.91 соответственно). Для всех исследуемых азовских поселений сердцевидок (кроме б. Русская) изменение H в зависимости от L и D в зависимости от L происходило по принципу отрицательной аллометрии ($b < 1$), т. е. с возрастанием длины высота и ширина раковины моллюсков уменьшались (таблица). В то же время связь ширины (D) и длины (L) сердцевидки в б. Русская в процессе роста раковины характеризуется слабо выраженной положительной аллометрией: с увеличением длины моллюска значения D возрастали (коэффициент регрессии составил 1.19). Высота (H) раковины сердцевидки из б. Русская в зависимости от длины (L) изменялась изометрически ($b = 1.01$) (таблица).

Индекс вытянутости раковины (H/L) у моллюсков из всех исследуемых районов варьировал в пределах 84.0–96.9%, статистически значимых различий в зависимости от мест обитаний не выявлено. Индекс сагиттальной кривизны (D/L) во всех районах, кроме б. Русская, колебался от 0.70 до 0.83%. В б. Русская значение D/L было значительно ниже (24.80–46.10%), что может быть связано с особенностями грунтов исследуемых районов.

Таким образом, результаты исследования аллометрического роста раковины *C. glaucum* могут быть использованы для выявления факторов среды, влияющих на изменчивость раковины в различных районах Черного и Азовского морей.

Таблица. Коэффициенты уравнений, описывающих изменения пропорций раковины у *Cerastoderma glaucum* в различных районах Азовского моря

Район	Коэффициенты		R ²	n, экз.
	a	b		
<i>H = aL^b</i>				
Федотова коса	1.3475	0.87	0.87	39
Арабатская коса	1.1191	0.92	0.94	425
Бухта Русская	0.8405	1.01	0.93	74
Бухта Широкая	1.5816	0.80	0.90	34
Бухта Татарская	1.4898	0.82	0.75	15
Бухта Генеральская	1.4913	0.81	0.79	32
<i>D = aL^b</i>				
Федотова коса	0.5793	0.85	0.91	39
Арабатская коса	0.38	0.95	0.80	425
Бухта Русская	0.19	1.19	0.80	74
Бухта Широкая	0.74	0.74	0.76	34
Бухта Татарская	0.44	0.91	0.64	15
Бухта Генеральская	1.00	0.86	0.63	32

Работа выполнена в рамках темы № 124022400152-1

1. Bensaâd-Bendjedid L., Belhaoues S., Kerdoussi A., et al. Age structure, growth and shell form of *Cerastoderma glaucum* (Bivalvia: Cardiidae) from El Mellah lagoon, Algeria // AACL Bioflux. 2018. V. 11. P. 894–904.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ЭПИФИТОНЕ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ ЛАСПИНСКОЙ БУХТЫ (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Широян А. Г., Бондаренко А. В., Рябушко Л. И.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г.

Севастополь, *arminka_shir@mail.ru*

Расположенная на южном берегу Крыма Ласпинская бухта (Черное море) считается условно чистой, поскольку отдалена от техногенного загрязнения и имеет природоохранный статус. Одной из задач особо охраняемых природных территорий России является сохранение, оценка и инвентаризация биоразнообразия наземных и прибрежных морских экосистем. Существенный вклад в видовое разнообразие и первичную продукцию донных сообществ вносят бентосные диатомовые водоросли (ДВ) [1]. Впервые в Ласпинской бухте их исследовали в обрастании пенопласта мидийных коллекторов в марте–мае 1987 г. на глубине 3 м от поверхности дна [1], затем в июне 1996 г. в рыхлых грунтах на глубинах от 0.5 до 52 м [2]. В мае 2018–2022 гг. на глубинах 0.5–14 м видовое разнообразие ДВ было впервые изучено в эпифитоне девяти видов макроводорослей [3].

Следует отметить, что наиболее полно инвентаризацию состава ДВ можно провести в ходе ежемесячных исследований в течение года, это позволяет изучить сезонные изменения, происходящие в сообществах. Поэтому целью работы стало исследование не только видового состава, но и количественных характеристик сообществ ДВ в эпифитоне разных видов макроводорослей в течение года.

Материалом для изучения послужили 99 проб эпифитона 13 видов макроводорослей: зелёных *Cladophora albida*, *Cl. laetivirens*, *Ulva intestinalis* и *U. rigida*; красных *Ceramium ciliatum*, *C. virgatum*, *Laurensia obtuse* и *Vertebrata subulifera*; бурых *Dictyota fasciola*; *Ericaria crinita*, *Ectocarpus siliculosus*, *Gongolaria barbata* и *Scythsiphon lomentaria*. Пробы брали с мая 2023 г. по апрель 2024 г. в акватории бухты на глубинах от 0.5 до 1.5 м при температуре 9.5–26.0°C и солёности воды 15.1–20.0‰. Для идентификации ДВ использовали водные и постоянные препараты. Качественную и количественную обработку материала проводили по общепринятым методикам, описанным ранее [1].

В эпифитоне исследованных макроводорослей зарегистрировано 57 видов и внутривидовых таксонов (ввт) ДВ. Из них на талломах зелёных макроводорослей отмечено: *Cladophora albida* – 15 видов и ввт, *Cladophora laetivirens* – 19, *Ectocarpus siliculosus* – 10, *Ulva intestinalis* – 16 и *Ulva rigida* – 6; на бурых: *Dictyota fasciola* – 16, *Ericaria crinita* – 24, *Gongolaria barbata* – 27 и *Scythsiphon lomentaria* – 22; на красных: *Ceramium ciliatum* – 22, *Ceramium virgatum* – 9, *Laurensia obtusa* – 18 и *Vertebrata subulifera* – 32. Основой видового разнообразия ДВ эпифитона является класс Bacillariophyceae. Наиболее

значимые таксоны представлены родами *Navicula* (8), *Nitzschia* (8 видов) и *Licmophora* (5). По численности и встречаемости доминировали 5 видов: *Grammatophora marina*, *Licmophora abbreviata*, *Navicula perminuta*, *N. ramosissima* и *Tabularia parva*. Часто, но с меньшей численностью, встречались виды *Berkeleya rutilans* (встречаемость 92%), *Trachyneis aspera* (85%), *Cocconeis scutellum* и *Licmophora flabellata* (по 77%), а также *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia sigma* и *Tabularia parva* (по 62%). Впервые для крымского побережья Чёрного моря указана разновидность *Mastogloia pusilla* var. *subcapitata*, обнаруженная на глубине 0.5 м в июне в эпифитоне *V. subulifera* при температуре 17°C и солёности 16.0 ‰. Видовой состав ДВ на разных видах макроводорослей характеризовался заметным сходством, индекс Брея-Кёртиса практически для всех сравниваемых флор ДВ эпифитона превышал 0.45, что, вероятно, связано с мелководностью исследуемой акватории, кучностью произрастания макроводорослей и существенным влиянием гидродинамики.

Анализ видового состава и количественных характеристик диатомовых сообществ в разные месяцы показал наличие сезонности в развитии микроводорослей. Выявлено 8 видов (из них 5 доминирующих), которые встречались в эпифитоне разных макроводорослей ежемесячно: *B. rutilans*, *G. marina*, *L. abbreviata*, *Navicula perminuta*, *N. ramosissima*, *Tabularia parva*, *T. tabulata* и *Trachyneis aspera*.

Зимой (декабрь–февраль) обнаружено 20 видов ДВ. Талломы некоторых редких макроводорослей были покрыты колониями *T. parva*, который наряду с *N. perminuta* доминировал в этот сезон. Индекс доминирования видов ($D_{ВР}$) варьировал в пределах 22–32%. Видовое обилие (S) (число видов, отмеченных при подсчёте клеток ДВ в камере Горяева) изменялось от 4 до 13, численность ДВ не превышала 4×10^3 кл./см².

Весной (март–май) зарегистрировано 28 видов. Видовое обилие ДВ варьировало от 3 до 13, а их численность достигала 253×10^3 кл./см² (в эпифитоне *G. barbata*, май) с доминированием *G. marina*. Индекс $D_{ВР}$ составлял 21–80%.

Летом (июнь–август) обнаружено 42 вида. В июне наблюдали плотный оброст талломов макроводорослей колониями видов-обрастателей с доминированием *G. marina*, *L. abbreviata* и *N. ramosissima*. Индекс $D_{ВР}$ достигал 71%. Видовое обилие изменялось от 11 до 17. Наивысшая численность изучаемого сообщества составляла 157×10^3 кл./см² (*C. laetivirens*, июнь). С повышением температуры воды до 26°C в августе отмечено резкое снижение всех количественных показателей микрофитобентоса.

Осенью (сентябрь, октябрь) зарегистрирован 21 таксон. Видовое обилие варьировало от 5 до 16. Максимальная численность достигала 17.0×10^3 кл./см² (*C. ciliatum*, октябрь) с доминированием *N. perminuta* и *N. ramosissima*, индекс $D_{ВР}$ не превышал 25%.

Таким образом, диатомовые водоросли эпифитона прибрежных макроводорослей Ласпинской бухты представлены 57 видами с доминированием преимущественно колониальных видов-обрастателей,

встречающихся круглогодично. Наивысшая численность диатомового сообщества отмечена весной, а максимальное количество видов – летом с высокими значениями индекса доминирования в эти сезоны.

Работа выполнена в рамках темы НИР “Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов” № гос. регистрации 124022400152-1.

1. Рябушко Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. 416 с.
2. Неврова Е.Л., Ревков Н.К. Видовой состав таксоцена бентосных диатомовых водорослей (Bacillariophyta) бухты Ласпи (Чёрное море, Украина) // Альгология. 2003. 13 (3). С. 269–282.
3. Широян А. Г., Бондаренко А. В., Рябушко Л. И. Видовое разнообразие донных диатомовых водорослей эпифитона макрофитов бухты Ласпи (Крым, Чёрное море) // Влияние изменения климата на биологическое разнообразие и распространение вирусных инфекций в Черноморско-Каспийском регионе : материалы XXV Междунар. науч. конф. с элементами школы для молодых учёных, г. Махачкала, 2-4 ноября 2023 г. Махачкала : АЛЕФ, 2023. С. 326–329.

МИКРОБИОТА МОРСКОГО ЛЬДА АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ В 2021-2024 ГГ.

Юрикова Е. А., Орлова Т. Ю.

Национальный научный центр морской биологии им А.В. Жирмунского ДВО
РАН,
г. Владивосток
komcitykat@mail.ru

В настоящее время активно исследуются микроводоросли, обитающие в морском льду. Связано это с тем, что они являются основным пищевым ресурсом в период таяния льда, иногда предоставляя до 74% от общей первичной продукции акватории [1]. Находящийся на юге России зал. Петра Великого (Японское море), интересен тем, что под влиянием холодного Приморского течения зимой здесь формируется устойчивый ледяной покров. Цель данной работы – обобщение собранных данных по таксономическому составу сообщества микроводорослей во льду Амурского залива. Пробы льда собирали с 2021 по 2024 гг. с 14 станций рабочего разреза, расположенного в центральной части Амурского залива и протяженного с запада на восток от берега у ННЦМБ ДВО РАН до побережья г. Приметная. Сбор кернов осуществляли кольцевым буром диаметром 15 см, керны затем распиливали на слои по 5 см для получения вертикального распределения клеток. Пробы льда растапливали в темном помещении при комнатной температуре в течение суток [2], после чего фиксировали раствором Утермеля и концентрировали в течение 14 сут методом осаждения.

Согласно результатам исследования в пробах льда обнаружены 257 таксонов, относящихся к 11 классам (таблица). Из них 37 определены до рода, 220 – до вида, среди которых идентифицировано 3 вариации и 3 формы.

Наиболее разнообразный состав отмечен в классе диатомовых (63% от общего видового разнообразия), после которых шли динофитовые (28%), доля остальных классов составила 8%. Пеннатные диатомовые при этом были представлены бóльшим количеством видов (98), чем центрические (64). Среди динофлагеллят наиболее разнообразным оказался род *Protoperidinium* (25 видов), среди диатомей – *Chaetoceros* (14) и *Navicula* (12).

Установлено, что в течение всего периода исследования лед характеризовался значительным видовым разнообразием, но в разные годы видовой состав микроводорослей во льду различался. В 2021 г. идентифицировано 74 таксона из 6 классов, в 2022 г. – 105 из 8, в 2023 г. – 150 из 11, зимой 2023–2024 гг. обнаружено 199 таксонов из 10 классов.

Доминирующими в сообществе льда в разные годы были виды *Chaetoceros socialis* f. *radians* (F.Schütt) Proshkina-Lavrenko 1963, *Chlamydomonas* sp., *Detonula confervacea* (Cleve) Gran 1900, *Heterocapsa arctica* Horiguchi 1997, *Leptocylindrus danicus* Cleve 1889, *Navicula septentrionalis* Cleve 1896, *Nitzschia*

frigida Grunow 1880, *Nitzschia* sp., *Protoperidinium conicum* (Gran) Balech 1974, *Skeletonema* sp. и *Thalassiosira nordenskiöldii* Cleve 1873. Некоторые из этих видов представлены на рисунке 1.

Таблица. Число идентифицированных таксонов в классах микроводорослей

Класс	Число таксонов
Bacillariophyceae	162
Dinophyceae	73
Dictyochophyceae	7
Chlorophyceae	3
Euglenophyceae	3
Coccolithophyceae	2
Cryptophyceae	2
Raphidophyceae	2
Olisthodiscophyceae	1
Pyramimonadophyceae	1
Thecofilosea	1

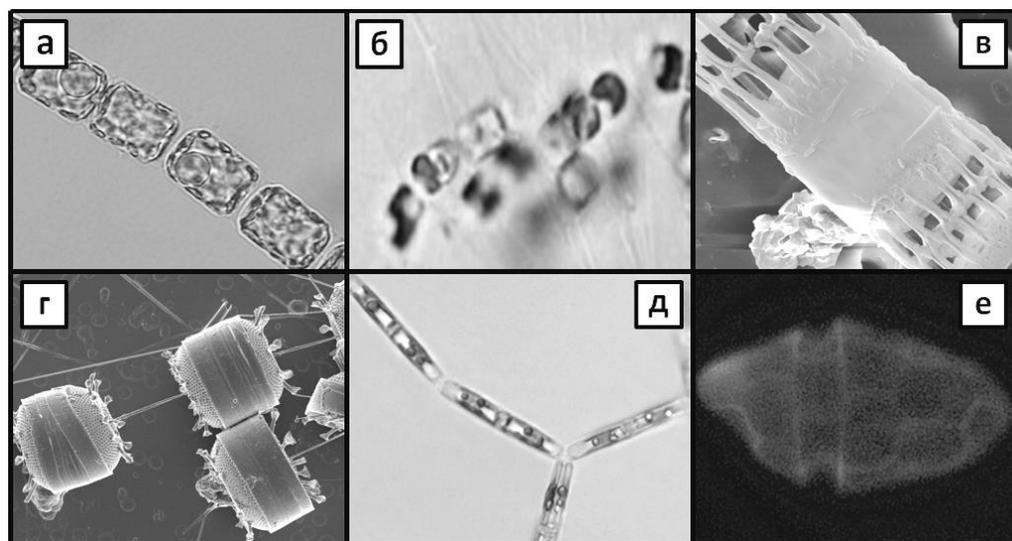


Рисунок 1. Виды, обильные во льду Амурского залива: а – *Detonula confervacea*, б – *Chaetoceros socialis* f. *radians*, в – *Skeletonema* sp., г – *Thalassiosira nordenskiöldii*, д – *Nitzschia frigida*, е – *Heterocapsa arctica*

Работа выполнена в рамках Госзадания НИЦМБ ДВО РАН (№124021900009-6) и гранта № 169-15-2023-002 Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

1. Lee S.H., Whitley T.E., Kang S.-H. Springtime production of bottom ice algae in the landfast sea ice zone at Barrow, Alaska // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2008. V. 367, №. 2. P. 204–212.
2. Rintala J.-M., Piiparinen J., Blomster J., et al. Fast direct melting of brackish sea-ice samples results in biologically more accurate results than slow buffered melting // *Polar Biol.* 2014. V. 37. P. 1811–1822.
3. Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., et al. A higher level classification of all living organisms // *PloS One.* 2015. V. 10. P. 1–60.

НЕЙТРАЛЬНО-НЕНЕЙТРАЛЬНЫЕ: МИКРОСАТЕЛЛИТНЫЕ ЛОКУСЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS*

Ягодина В. Д., Бондарь Е. И., Брыков В. А.

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, iagodinavd@gmail.com*

Изучение генетической изменчивости и популяционной структуры дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* с помощью микросателлитных маркеров играет важную роль для генетического мониторинга природных популяций этого животного, помогает разработать рекомендации по его охране. Применение нейтральных микросателлитных локусов, которые подвергаются только низкому или отсутствующему селективному давлению, чаще характеризует различия и/или сходства между популяциями [1]. Внимание к нейтральным (адаптивным) маркерам в молекулярной экологии и генетике сохранения способно отразить адаптивную ценность этих локусов для соответствующих популяций [2] и связать фенотип с генотипом в диапазоне условий окружающей среды. Нейтральное и адаптивное генетическое разнообразие, вероятно, будет иметь разное влияние на долгосрочное выживание, поскольку только одно из них (адаптивное разнообразие) позволит популяции адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Следовательно, установление типа микросателлитного локуса (определение его “нейтральности”) позволит сосредоточиться на конкретной задаче: оценке популяционной структуры вида или же, если он связан с адаптивным геном, на изучении адаптации популяции в разных абиотических факторах среды.

Ранее в своих исследованиях [3] мы сталкивались с отклонением от нейтральности микросателлитов. В настоящей работе анализ 4 микросателлитных локусов проведен стандартными методами: тест Эванса-Ваттерсона и тест, основанный на полиномиальном распределении Дирихле. Результаты исследования показали, что при анализе статистических тестов отклонения от нейтральности могут быть не выявлены (особенно для популяций ферм марикультуры). При этом поиск последовательностей маркеров в геноме указывает на присутствие одного из локусов в белок-кодирующей последовательности вероятного гена семейства AF4/FMR2 4, входящего в комплекс суперэлонгации и являющегося активатором транскрипции, особенно при тепловом стрессе. Обнаружение таких маркеров в геноме позволит проводить быстрый анализ влияния абиотических факторов среды на животных.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 21-74-30004).

1. Stejskalova K., Vychodilova L., Janova E., et al. Innate immunity Toll-Like Triad TLR6-1-10 and its diversity in distinct horse breeds // *Vet. Med. Sci.* 2025. V. 11, № 2. Art. ID e70230.
2. Kirk H., Freeland J.R. Applications and implications of neutral versus non-neutral markers in molecular ecology // *Int. J. Mol. Sci.* 2011. V. 12, № 6. P. 3966–3988.
3. Yagodina V.D., Bondar E.I., Brykov V.A. (2022) Genetic variability and population structure of the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus* Selenka, 1867 revealed by microsatellites in Peter the Great Gulf, Sea of Japan // *Mar. Biodivers.* 2022. V. 52. Art. ID 40.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ ПОРТА ТУАПСЕ И ЗА ЕГО ПРЕДЕЛАМИ ВЕСНОЙ 2025 Г.

Ясакова О. Н.

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, yasak71@mail.ru,

В последние десятилетия направление, связанное с исследованиями планктонных сообществ в районах крупных морских портов, приобрело особое значение как раздел санитарной гидробиологии. Цель наших исследований – оценить состояние фитопланктона, развивающегося как внутри акватории порта Туапсе, так и за его пределами, в открытой части моря в весенний период 2025 г.

Исследования планктонных водорослей выполнены на четырех станциях внутри акватории порта Туапсе и на одной станции в открытом море в марте и мае 2025 г. Пробы (1 л) отбирали с поверхности моря в дневное время суток с борта судна с помощью пластикового батометра и фиксировали раствором Люголя. Дубликаты проб (0.2 л) фиксировали раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 1–2% и сгущали осадочным методом [1]. Подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона производили с помощью камер Нажотта, объемом 0.05 и 0.1 мл под микроскопом Микмед-2 при объективах 10×/0,30 и 40×/0,65. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [2]. При идентификации видов использовали общепринятые руководства [3, 4].

Качественный состав. Таксономический состав фитопланктона в марте был представлен 23, в мае – 42 видами водорослей, в том числе соответственно 15 и 23 вида диатомовых и 14 и 18 видов динофлагеллят. Число видов в районе открытого моря в марте (22 вида) и мае (29) было выше, чем в те же месяцы на станциях, расположенных в порту (15 и 26 соответственно).

Количественное развитие фитопланктона в марте 2025 г. В акватории порта средние величины численности и биомассы составили соответственно 170 тыс. кл./л и 150 мг/м³. Диатомовые формировали основу численности (90%) и 85% биомассы фитопланктона. Доминировали среди них *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros curvisetus* и *Thalassiosira* sp. Другие виды рода *Chaetoceros*, а также *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia seriata* и *Thalassionema nitzschioides* развивались на уровне субдоминант. Представители динофлагеллят отмечены в меньшем количестве (1% численности и 12% биомассы), основными были *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata* и *Ceratium tripos*. Представители других отделов водорослей в сумме формировали 9% численности и 3% биомассы. В открытом море значения численности и биомассы фитопланктона (233 тыс. кл./л и 179 мг/м³) были в 1.2–1.4 раза выше, чем в районе порта. Доминировали (79% общих значений

численности и 49% биомассы) диатомовые водоросли, в основном *Skeletonema costatum* и виды рода *Chaetoceros*: *Ch. curvisetus*, *Ch. insignis* и *Ch. socialis*. На уровне субдоминант развивались *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia seriata* и *Thalassionema nitzschioides*. Среди динофлагеллят (10% общих значений численности и 45% биомассы) преобладали *Glenodinium* sp., *Scrippsiella acuminata*, *Ceratium tripos*, *C. furca*, *Prorocentrum micans* и виды рода *Diplopsalis*. Синезеленые, криптофитовые и золотистые в сумме формировали 11% общих значений численности и 6% биомассы планктонного фитоценоза.

Количественное развитие планктонных водорослей в мае 2025 г. В акватории порта значения численности и биомассы (241 тыс. кл./л и 259 мг/м³) были в 1.5 раза выше, чем в марте. Доминировали (81% общих значений численности и 88% биомассы) диатомовые водоросли, по численности преобладали *Chaetoceros affinis* и *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*. На уровне субдоминант развивался комплекс некрупных видов *Chaetoceros compressus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. socialis*, *Pseudonitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* и *Thalassionema nitzschioides*. Величину биомассы в основном определяли *Ch. affinis*, *Ch. curvisetus*, *Ch. scabrosus*, *Pseudonitzschia seriata* и крупный тропический вид *Pseudosolenia calcar-avis*. Среди динофлагеллят, формировавших менее 1% общих значений численности и 9% биомассы, основу биомассы формировали *Ceratium cf. tripos*, *Proto-peridinium depressum* и *Prorocentrum micans*. Представители примнезиевых (*Emiliania huxleyi*) составили 19% численности и 3% биомассы. В открытом районе моря значения численности и биомассы планктонных водорослей (433 тыс. кл./л и 665 мг/м³) были в 1.8 и 2.6 раза выше, чем в акватории порта. Диатомовые формировали значительную часть (46%) численности и биомассы (57%) фитопланктона. Доминировали среди них в основном те же виды, что и в порту: *Ch. affinis*, *Ch. curvisetus*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata* и *Thalassionema nitzschioides*. Развитие прибрежных мезосапробных водорослей *Skeletonema costatum* и *Ch. socialis* здесь не отмечено, но в заметном количестве развивался *Ch. insignis*. Представители динофлагеллят формировали 1% численности и 36% биомассы, основными были крупные гетеротрофные виды *Spatulodinium pseudonoctiluca* и *cf. Kofoidinium pavillardii*, недавние вселенцы в экосистему Черного моря, составившие в сумме 25% общей биомассы планктонного сообщества, а также *Ceratium cf. tripos*. В открытом районе моря отмечено интенсивное развитие космополитического вида кокколитофорид (*Emiliania huxleyi*), составившего более половины (53%) общей численности и 6% биомассы всего фитопланктона.

Таким образом, в районах открытого моря напротив порта Туапсе величины численности и биомассы фитопланктона, доля примнезиевых, а также общее видовое разнообразие планктонных водорослей было выше, чем в акватории порта.

Работа выполнена в рамках Госзадания ЮНЦ РАН №. 125012100503-4.

1. Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. О количественной обработке проб фитопланктона. Биол. Науки. 1979. № 6. С. 96–100.
2. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь, 2005. 25 с. (Препринт / НАН Украины, Институт биологии южных морей).
3. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Ботанический ин-т им. В.Л.Комарова АН СССР, 1963. 216 с.
4. Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA: Academic Press, Harcourt Brace Company, 1997. 821 p.

ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Экологическая безопасность, забота об окружающей среде и жителях – приоритет №1 в работе АО «Восточный Порт».

От выпуска миллионов мальков рыб до проведения масштабных экологических мероприятий – компания вносит большой вклад для сохранения природы Приморья. Недаром наш ежегодный «Экомарафон» уже 10 лет вдохновляет местных жителей на заботу о планете.

Среди многочисленных экопрограмм стивидорной компании особое место занимает поддержка проектов Национального научного центра морской биологии имени Алексея Викторовича Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук.

С 2021 года, в рамках двустороннего соглашения, предприятие оказывает поддержку проектам приморских учёных, направленным на изучение и сохранение среды обитания прибрежной флоры и фауны и создание условий для стабильного существования морских экосистем в заливе Петра Великого Японского моря.

За это время портовики приобрели самые современные камеры для наблюдения за ларгами в их естественной среде обитания на острове Кентавр в морском заповеднике, подарили океанариуму зимний карантинный модуль со всем необходимым оснащением для обследования животных, закупили новое эндоскопическое оборудование для осмотра и биопсии внутренних органов морских млекопитающих.

«Восточники» регулярно финансируют научные экспедиций, организацию круглых столов и научных конференций, посвященных изучению и защите морских млекопитающих.

Помощь АО «Восточный Порт» стала большим подспорьем для ученых в деле изучения биологического разнообразия Японского моря и сохранения популяции уникального пятнистого тюленя-ларги.

www.vostport.ru



РУССКИЙ КРАБ

На стороне природы

- Сотрудничаем с наукой
- Бескомпромиссно соблюдаем правила рыболовства
- Развиваем технологии безотходного производства
- Повышаем энергоэффективность флота для сокращения углеродного следа
- Живем и работаем по принципам экологической сознательности

www.russiancrab.ru



ООО «Группа компаний Лабконцепт» — официальный дистрибьютор ведущих мировых и российских производителей аналитического, испытательного, общелабораторного оборудования, мебели и расходных материалов. Собственные производственные площадки расположены в Санкт-Петербурге, на одной из них производится узловая сборка высокоэффективных жидкостных хроматографов под торговой маркой LicArt 62, на другой – полный цикл сборки лабораторной весоизмерительной техники, а также оборудования для пробоподготовки.

Преимущества компании:

- Аналитическая лаборатория, оснащенная современным оборудованием, позволяющая проводить полное тестирование приборов, оперативно работать с собственными и клиентскими методиками
- Собственное сборочное производство хроматографического оборудования и производство полного цикла высокоточного весоизмерительного оборудования, а также оборудования для пробоподготовки.
- Обучение персонала лабораторий заказчиков: начальное, углубленное, по индивидуальным программам, теоретическое и практическое.
- Возможности по доработке и адаптации приборов, в том числе сторонних производителей под специализированные задачи заказчиков.

www.labconcept.ru

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Всероссийской конференции
«Морская биология в 21 веке»
(памяти академика Алексея Викторовича Жирмунского)

25-26 сентября 2025 г.
Владивосток, Россия

ABSTRACTS
of the All-Russian Conference
"Marine Biology in the 21st Century"
(in commemoration of the Academician Alexey V. Zhirmunsky)

September 25-26, 2025
Vladivostok, Russia

Подготовка оригинал-макета С. А. Тюрин



Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Национальный научный центр
морской биологии им. А.В. Жирмунского»
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
(ННЦМБ ДВО РАН)

690041, Россия, г. Владивосток,
ул. Пальчевского, д. 17,
тел.: 8 (423) 231 09 05
nscmb@mail.ru
www.imb.dvo.ru



«Приморский океанариум»
филиал ННЦМБ ДВО РАН

690922, Россия, г. Владивосток,
о. Русский, ул. Академика Касьянова, д.25
тел.: 8 (423) 223 94 22, +7 984 197 45 22
primocean@primocean.ru
www.primocean.ru

ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



РУССКИЙ КРАБ



Лабконцепт