



Всероссийская конференция
**МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ
В 21 ВЕКЕ:**
**СИСТЕМАТИКА, ГЕНЕТИКА,
ЭКОЛОГИЯ МОРСКИХ
ОРГАНИЗМОВ**

Владивосток
20-23 сентября 2022 г.



Памяти академика
Олега Григорьевича
Кусакина

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:
систематика, генетика, экология
морских организмов”
(памяти академика Олега Григорьевича Кусакина)**

20 – 23 сентября 2022 г.
Владивосток, Россия

**ABSTRACTS
of the All-Russian Conference
"Marine Biology in the 21st Century:
Systematics, Genetics, Ecology of Marine Organisms"
(in commemoration of the Academician Oleg G. Kussakin)**

September 20 – 23, 2022
Vladivostok, Russia

Владивосток
2022

УДК 574.5
ББК 28.082.21
М 805

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

«Морская биология в 21 веке: систематика, генетика, экология морских организмов»: тезисы докладов Всероссийской конференции (памяти академика Олега Григорьевича Кусакина), 20 –23 сентября 2022 г., Владивосток, Россия / сост. В.М. Серков. – Владивосток: ННЦМБ ДВО РАН, 2022. –350 с.

"Marine Biology in the 21st Century: Systematics, Genetics, Ecology of Marine Organisms" Abstracts of the All-Russian Conference (in commemoration of the Academician Oleg G. Kussakin), September 20–23, 2022, Vladivostok, Russia / Compiled by Vadim M/ Serkov.– Vladivostok: NSCMB FEB RAS, 2022. –350 p.
ISBN 978-5-6046477-9-0

УДК 574.5
ББК 28.082.21
М 805

В сборнике опубликованы тезисы докладов по следующим направлениям морской биологии: биоразнообразие морей и океанов, систематика и филогенетика морских организмов, морская экология, биогеография и биоценология, а также по гидробиологическим основам аквакультуры и индустрии публичных аквариумов (океанариумов). Приведены материалы об истории морских биологических исследований и о выдающихся деятелях гидробиологической науки.

Для зоологов, гидробиологов, ихтиологов, экологов, генетиков, преподавателей и студентов ВУЗов.

This collection contains proceedings in the following fields of marine biology: biodiversity of the seas and oceans; taxonomy and phylogenetics of marine organisms; marine ecology; biogeography and biocenology; hydrobiological bases of aquaculture; and the public aquarium industry. Materials on the history of marine biological research and outstanding scientists in hydrobiology are also presented.

The issue will be of interest for zoologists, hydrobiologists, ichthyologists, ecologists, geneticists, lecturers, and university students.

Ответственные редакторы:

к.б.н. О.М. Корн

к.б.н. Е.С. Корниенко

Ответственный секретарь:

к.б.н. В.М. Серков

ISBN 978-5-6046477-9-0

© ННЦМБ ДВО РАН, 2022

Приветствие председателя оргкомитета конференции

Дорогие друзья, уважаемые коллеги!

Первая конференция “Морская биология в XXI веке”, с успехом прошедшая в 2021 году, показала большую потребность нашего научного сообщества в надежных площадках для общения профессионалов, где можно рассказать коллегам о своих текущих исследованиях и достижениях, обсудить проблемы, наметить совместные планы. Молодым исследователям участие в конференции позволило познакомиться лично с коллегами из других городов, с которыми раньше были знакомы только по публикациям.

По многочисленным предложениям мы решили сделать регулярной конференцию “Морская биология в XXI веке”, каждый год несколько меняя ее фокус. В 2022 году предлагаем сосредоточиться на систематике, генетике, экологии морских организмов и посвятить ее памяти академика Олега Григорьевича Кусакина, одного из организаторов Института биологии моря, известного ученого в области морской гидробиологии и зоологии морских беспозвоночных, внесшего большой вклад в изучение флоры и фауны приливно-отливной зоны дальневосточных морей России.

Количество заявок на участие в этом году превысило показатель прошлого года, а количество заявок на устный доклад возросло в два раза. Мы очень рады, что среди участников конференции будут не только наши коллеги из академических институтов и университетов, но и коллеги из рыбохозяйственных научно-исследовательских учреждений – филиалов ВНИРО. География представленных научных организаций охватывает всю Россию от Астрахани до Мурманска, и от Севастополя до Петропавловска-Камчатского, а география исследованных акваторий – большую часть Мирового океана, от Арктики до Антарктики.

Мы уверены, что предстоящая конференция послужит укреплению профессиональных контактов, станет новой отправной точкой для определения дальнейших долгосрочных целей в нашем общем деле исследования и сохранения Океана!

И. В. Дюйзен

И.о. директора ННЦМБ ДВО РАН,

член-корреспондент Российской академии наук,

доктор медицинских наук

Академик Олег Григорьевич Кусакин (1930 – 2001)



Олег Григорьевич Кусакин, доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, действительный член Российской академии естественных наук, выдающийся ученый в области морской гидробиологии и зоологии морских беспозвоночных, автор более 200 научных работ, в том числе 15 монографий.

О. Г. Кусакин был “по жизни” отличником. Он окончил школу с медалью. Заложенное в детстве ответственное отношение сначала к учебе, а потом к работе Олег Григорьевич пронес через всю жизнь. Научное становление О. Г. Кусакина

проходило в стенах Ленинградского государственного университета и Зоологического института под руководством Е. Ф. Гурьяновой. С первого курса О. Г. Кусакин стал старостой кафедрального научного кружка. Его первый научный студенческий доклад назывался “Причины исчезновения сардины иваси в Японском море”, сделанный, конечно же, по литературным данным. В 1949 году после первого курса О. Г. Кусакин впервые попал на Дальний Восток в составе Курило-Сахалинской экспедиции Зоологического института. Путь на остров Шикотан, место работы прибрежного отряда экспедиции, лежал через Владивосток. Шикотан навсегда покорила Олега Григорьевича. “Красота неимоверная. Скалы величественные...Экспедиция была продуктивной, и романтики было много”, – вспоминал академик Кусакин много лет спустя.

В 1953 году он окончил кафедру гидробиологии биологического факультета Ленинградского государственного университета. Зимой 1954 года провел на Курилах, собирая материал для диссертации. В 1958 году защитил кандидатскую диссертацию по сезонному исследованию биоты литорали Курильских островов. Докторская диссертация (1972 г.), в которой обоснована гипотеза происхождения глубоководной фауны Мирового океана и подтвержден дрейф материков, была признана выдающимся достижением Академии Наук. За годы своей жизни организовал около тридцати научных экспедиций от Берингова пролива до залива Посьета в Японском море.

В 1966 году по поручению Президиума Академии наук СССР О. Г. Кусакин и А. В. Жирмунский приехали во Владивосток для организации Института биологии моря, в котором Олег Григорьевич проработал со дня его основания до 2001 года и был научным и нравственным лидером для

многих сотрудников в течение всех лет его работы в Институте биологии моря ДВО РАН.

Как гидробиолог, впервые организовал систематическое изучение биоты шельфа дальневосточных морей, развил представления своего учителя, российского гидробиолога Е. Ф. Гурьяновой, о принципах биономического членения литорали. Кусакин О. Г. создал на Дальнем Востоке научную школу гидробиологов, среди его учеников более двадцати кандидатов и докторов наук. Он много лет читал курс гидробиологии для студентов Дальневосточного государственного университета.

Академик О. Г. Кусакин – мировой авторитет в области систематики ракообразных, в его монографиях описана мировая фауна изопод. В числе его работ пять томов определителей "Морские и солоноватоводные равноногие ракообразные (Isopoda) холодных и умеренных вод Северного полушария", на основе которых дана схема биогеографического районирования антарктических и субантарктических вод, а также холодных и умеренных вод Северного полушария, выдвинута гипотеза о происхождении глубоководной фауны.

Им разработана общая система филогении живых организмов. В соавторстве с А. Л. Дроздовым предложена новая многоцарственная система организмов, изложенная в фундаментальном труде "Филема органического мира". В этой работе детальным образом рассматриваются все царства органического мира, дается новая картина многообразия жизни.

В 1998 году О. Г. Кусакиным совместно с доктором биологических наук А. В. Адриановым составлен таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря, содержащий список из 3700 видов животных, растений и грибов, населяющих это, наиболее богатое из всех морей России.

Академик О. Г. Кусакин принимал активное участие в организации Приморского отделения гидробиологического общества России, председателем которого был до конца жизни. Он был экспертом РФФИ, председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций по специальности "гидробиология" и "ихтиология", заместителем председателя диссертационного совета по специальности "зоология" и "экология", членом Бюро научного совета по гидробиологии, ихтиологии и охране водных ресурсов РАН, членом редколлегий "Зоологического журнала" и журнала "Биология моря", международного журнала "Marine ecology Progress Series" и ряда других, членом Всероссийского ботанического общества и Американского карцинологического общества. Именем Олега Григорьевича Кусакина названы десятки видов морских животных. Отдавая дань памяти этому выдающемуся исследователю морей России, Дальневосточное отделение

РАН учредило премию имени О. Г. Кусакина, присуждаемую за исследования морских организмов и экосистем.

По воспоминаниям В. В. Малахова и А. В. Адрианова, “до конца дней О. Г. Кусакин был очень живым, молодым душой человеком. Ему абсолютно претило ханжество, лицемерие, он любил юмор, острое слово. Мировая известность и почетные академические звания не изменили отношения О. Г. Кусакина к людям. Он остался очень простым в общении, доступным, демократичным, его искренне любили и маститые коллеги, и юные студенты. Вклад О. Г. Кусакина в науку никогда не потеряет своего значения, а обаяние его личности навсегда останется в памяти всех, кто знал этого замечательного человека”.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭПИФИТОННЫЕ ИНФУЗОРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БУХТЫ КРУГЛОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)	
<i>А. Ш. Абибулаева, И. В. Довгаль</i>	22
МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИИ <i>ANADARA KAGOSHIMENSIS</i> В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ	
<i>М. С. Ананьева, У. В. Симакова, Г. А. Колючкина, К. А. Лутаенко</i>	25
АНАЛИЗ КЛЕТОЧНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГЕМОЦИТОВ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА ИЗ ЗОНЫ АКВАКУЛЬТУРЫ В Б. ВИТЯЗЬ В СВЯЗИ С ПОДОЗРЕНИЕМ НА ГЕМИЧЕСКУЮ НЕОПЛАЗИЮ	
<i>А. А. Анисимова, И. А. Железнов, Д. В. Носков, М. Н. Дягилева, В. Г. Спудулите</i>	27
ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ARTHROPODA В ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДАХ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СОЛЕННОСТИ	
<i>Е. В. Ануфриева</i>	30
ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОФАУНЫ СУБЛИТОРАЛИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА	
<i>Н. Л. Асеева, Д. Г. Кравченко, В. Н. Измятинская, Д. В. Измятинский</i> ..	33
РЕКОМБИНАНТНЫЕ МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ ГЕНОМЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ (НА ПРИМЕРЕ САЛАНКСОВЫХ РЫБ)	
<i>Е. С. Балакирев</i>	36
АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ОКЕАНИЧЕСКИХ ДЕЛЬФИНОВ	
<i>Н. В. Баркина, Д. Ю. Баркина, М. Ю. Баркина, Н. В. Мазитова, М. Ю. Швецов</i>	39
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ГЕНОМНЫЕ ДАННЫЕ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЕ О НАЛИЧИИ ФОТОРЕЦЕПЦИИ У ГРЕБНЕВИКА <i>VEROE OVATA</i>	
<i>Ю. С. Баяндина, О. Н. Кулешова, О. В. Кривенко</i>	40
ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСАТОК	
<i>И. Ф. Белокобыльский</i>	42
РЕВИЗИЯ РОДА <i>SCHIZYMENIA</i> (NEMASTOMATALES, RHODORHUTA) В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ	
<i>О. С. Белоус, С. Ю. Шибнева, А. В. Скрипцова</i>	43

**ИЗ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ПТИЦ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

А. В. Белоусова, Э. А. Рустамов 45

**АНАЛИЗ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
МАКРОФИТОБЕНТОСА СУБЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ
НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ**

Н. С. Березенко 48

**АККУМУЛЯЦИЯ МЕТАЛЛОВ ПОЛИХЕТОЙ *MARENZELLERIA
ARCTIA* И ИЗОПОДОЙ *SADURIA ENTOMON* КАК ПОКАЗАТЕЛЬ
ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МОРСКОЙ СРЕДЫ (БАЛТИЙСКОЕ
МОРЕ)**

Н. А. Березина, Н. Н. Камардин, А. Н. Шаров 51

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ КУЛЬТУРАБЕЛЬНЫХ ВИДОВ
МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ ПРИДОННЫХ ВОД МОРЯ
УЭДДЕЛЛА (ЮЖНЫЙ ОКЕАН, АТЛАНТИЧЕСКИЙ СЕКТОР
АНТАРКТИКИ)**

О. Г. Борзых, Л. В. Зверева 53

**ОЦЕНКА РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И
ВЫЖИВАЕМОСТИ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА В
ПРЕСНОВОДНОЙ ФАЗЕ РОСТА**

*Д. С. Борисова, А. А. Пахлеванян, Л. А. Боцун, Т. А. Геворгян,
С. И. Масленников* 55

**МАССОВОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ КУЛЬТУРЫ
МИКРОВОДОРОСЛИ *THALASSIOSIRA NORDENSKIOELDII* (Cleve,
1873) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.**

Л. А. Боцун, С. И. Масленников, Т. А. Геворгян, А. А. Пахлеванян 58

**ФИЛОГЕНИЯ АСТИНИАРИА (CNIDARIA: ANTHOZOA):
ПОДХОДЫ И СЛОЖНОСТИ**

Е. С. Бочарова 60

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИИ РАКОВИН,
СПЕРМАТОГЕНЕЗА И МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНА COXI
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ И ЕВРОПЕЙСКОЙ ФОРМ
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *RUDITAPES PHILIPPINARUM*
(BIVALVIA, VENERIDAE)**

*Е. Е. Вехова, Ю. А. Реунова, Я. Н. Александрова, А. В. Ахмадиева,
Е. А. Пименова, А. А. Реунов* 62

**КОЛЛЕКЦИИ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЗООЛОГИЧЕСКОМ**

МУЗЕЕ УЧЕБНО-НАУЧНОГО МУЗЕЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА	
<i>И. Е. Волвенко, К. А. Лутаенко, Т. В. Чернова</i>	65
РОСТ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА <i>AZUMARESTEN FARRERI</i> (JONES ET PRESTON, 1904) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>Д. Д. Габаев</i>	67
ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВДОЛЬ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИМОРЬЯ И ХАБАРОВСКОГО КРАЯ (РАЙОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИМОРСКОЙ ГОРБУШИ <i>ONCORHYNCHUS GORBUSCHA</i> (SALMONIDAE)	
<i>Л. А. Гайко</i>	69
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МАЛЬКОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА <i>PARALITHODES SAMTSCHEVICUS</i> ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ	
<i>Т. А. Геворгян, С. И. Масленников, Д. С. Борисова, Л. А. Боцун, А. А. Пахлеванян, В. Б. Козменко</i>	72
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЦЕЛЕВЫХ ТРАЛОВЫХ ПРИЛОВОВ ОСНОВНЫХ ГРУПП МЕГАБЕНТОСА В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОННОГО ПРОМЫСЛА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 2019-2021 гг.	
<i>А. В. Голенкевич, С. Г. Денисенко, А. А. Пашковский</i>	74
ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КОРНЕГОЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ НА ПОПУЛЯЦИОННУЮ СТРУКТУРУ КРАБОВ-ХОЗЯЕВ	
<i>Д. Д. Голубинская, О. М. Корн, Н. И. Селин</i>	77
ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ У <i>CYCLOSTOMATIDA</i> ВРУЗОА ШЕЛЬФА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ	
<i>В. И. Гонтарь</i>	79
НАКОПЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ГИДРОБИОНТАХ АКВАТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В 2021 ГОДУ	
<i>Л. Г. Горгола</i>	82
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАБОЛИЗМА ГИДРОПЕРЕКИСЕЙ ПОЛИЕНОВЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ РАСТЕНИЙ И КОРАЛЛОВЫХ ПОЛИПОВ	
<i>С. С. Горина, Я. Ю. Топоркова, Л. Ш. Мухтарова, А. Н. Гречкин</i>	85

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СУСПЕНЗИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ЛИЧИНОК ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ	
<i>О. Б. Гостюхина, И. Ю. Сухин</i>	87
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПРИДОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ БУХТЫ ТИХАЯ ЗАВОДЬ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>Н. И. Григорьева, С. И. Масленников, Л. Д. Куличкова</i>	89
УНИКАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ЭУКОНОДОНТОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ЭВОЛЮЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНЫХ	
<i>Г. И. Гуравская, А. П. Касаткина</i>	92
МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ШТАММОВ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>Д. В. Дашков, Е. А. Богатыренко, А. В. Ким, Т. И. Дункай</i>	94
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД СЕВЕРНОГО КАСПИЯ	
<i>Л. В. Дегтярева</i>	96
ВИДОВОЙ СОСТАВ АМФИПОД С СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА САХАЛИН (ОХОТСКОЕ МОРЕ)	
<i>Н. Л. Демченко, И. А. Щербаков, В. В. Ивин</i>	99
БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕГАБЕНТОСА В КАРСКОМ МОРЕ	
<i>С. Г. Денисенко, О. Л. Зимина</i>	100
НОВАЯ АНТРОПОГЕННАЯ УГРОЗА: ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЛИМЕРЫ В МОРСКОЙ СРЕДЕ	
<i>Н. В. Довженко, А. А. Мазур, С. П. Кукла, В. В. Слободскова, А. А. Истомина, А. Ф. Жуковская, В. П. Челомин</i>	103
МОДУЛЯЦИЯ ЭКСПРЕССИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ К РАСТИТЕЛЬНЫМ ЛЕКТИНАМ СТИМУЛЯТОРАМИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МАКРОФАГОВ В ФАГОЦИТАХ ГОЛОТУРИИ <i>EUPENTASTA FRAUDATRIX</i> ПРИ ЗАЖИВЛЕНИИ РАН	
<i>Л. С. Долматова</i>	105
ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РОСТ И СМЕРТНОСТЬ МОРСКОГО ЕРША <i>SCORPAENA PORCUS</i>	

(SCORPAENIDAE) У БЕРЕГОВ КРЫМА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

П. И. Дончик, Д. Н. Куцын 108

АКАДЕМИК ОЛЕГ ГРИГОРЬЕВИЧ КУСАКИН – ВЫДАЮЩИЙСЯ БИОЛОГ-ЭНЦИКЛОПЕДИСТ

А. Л. Дроздов..... 111

МОРФОЛОГИЯ ГАМЕТ ДВУХ ВИДОВ ГОЛОТУРИЙ *KOLGA NYALINA* И *ELPIDIA HESKERI*

А. Л. Дроздов, А. В. Кременецкая, С. А. Тюрин..... 114

РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ

Т. И. Дункай, Е. А. Богатыренко..... 115

СОСТАВ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ВИДОВ ФОСФОЛИПИДОВ ТКАНЕЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHORUS JAPONICUS*

А. А. Егорова, Е. В. Маськин, Д. Д. Солодий, Е. В. Ермоленко, Т. В. Сикорская 117

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ ПОДВОДНЫХ ГОР ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)

Е. Л. Егорова, Т. Н. Даутова 119

БИОЛОГИЯ НОВОГО ВИДА ТОРКВАТОРИД (TORQUARATORIDAE, ENTEROPNEUSTA, NEMICHORDATA) ИЗ БЕРИНГОВА МОРЯ

О. В. Ежова, А. И. Лукиных, Е. М. Крылова, С. В. Галкин, А. В. Гебрук, В. В. Малахов 120

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА НЕКТОНА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

П. О. Емелин, О. А. Мазникова..... 123

ЧИСЛЕННОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ КАСПИЙСКОГО ТЮЛЕНЯ В 2019-2022 ГОДАХ

У. Е. Жанаисов, С. Т. Ербулеков, В. А. Скольский, Ф. В. Климов, Е. В. Мурова 126

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР БОРОДАТКОВЫХ РЫБ РОДА *ARTEDIDRACO* СЕМЕЙСТВА ARTEDIDRACONIDAE (NOTOTHENIOIDEI)

С. В. Жданов 130

ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В СООБЩЕСТВАХ ЛИТОРАЛИ МЕЛКОВОДНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ БУХТЫ

КРАТЕРНОЙ (ОСТРОВ ЯНКИЧ, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ЖИРНЫХ КИСЛОТ <i>Н. В. Жукова</i>	132
ГОМОЛОГИ ОСНОВНОГО АНТИГЕНА ФАГА RV30 ИЗ МЕТАГЕНОМА МОРСКОЙ ПЛАНКТОНИЧЕСКОЙ МИКРОБИОТЫ <i>А. А. Зимин, А. Л. Дроздов</i>	134
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ <i>PSEUDO-NITZSCHIA FRAUDULENTA</i> (CLEVE) HASLE И <i>PSEUDO-NITZSCHIA HASLEANA</i> LUNDHOLM (BACILLARIOPHYTA) В ЛАБОРАТОРНОЙ КУЛЬТУРЕ <i>А. А. Зинов, И. В. Стоник</i>	137
РЕВИЗИЯ РОДА <i>METONCHOLAIMUS</i> (NEMATODA, ENOPLIDA) С ОПИСАНИЕМ НОВОГО ДЛЯ НАУКИ ВИДА <i>METONCHOLAIMUS PLACATUS</i> SP.NOV. ИЗ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ. <i>Ю. К. Зограф, Ю. А. Требухова, О. Н. Павлюк</i>	140
АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЧЕТЫРЁХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ (CO1, 16S, 12S И 18S) И СИСТЕМАТИКА КАЛЬМАРОВ СЕМЕЙСТВА GONATIDAE (CERHALOPODA: TEUTHIDA: OEGOPSIDA) <i>А. О. Золотова, О. Н. Катугин</i>	141
ГЕЛЬМИНТЫ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА <i>BERRYTEUTHIS MAGISTER</i> (CERHALOPODA, GONATIDAE) РАЙОНА СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ <i>М. А. Зуев, З. И. Мотора</i>	143
ЖАРКОЕ ЛЕТО 2021 ГОДА В ПРИМОРЬЕ: МАРИКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ <i>Ю. И. Зуенко, А. А. Никитин, А. Л. Фигуркин, В. И. Матвеев</i>	145
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ВКУСОВЫХ АТТРАКТАНТОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ <i>О. М. Исаева, Н. Ф. Окрестина</i>	147
РОЛЬ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ТИПА КОРМА ПРИ ЗАВОДСКОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ В ПРИМОРЬЕ <i>М. В. Калинина</i>	149
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНОВ ГОРМОНА РОСТА У ЛОСОСЕВЫХ РЫБ <i>Д. Н. Каменская, Вл. А. Брыков</i>	152

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ КАК ВАЖНЫЙ
ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА**

А. Н. Камнев, И. В. Стуколова, Н. И. Соловьев..... 154

**ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА,
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И БИОЛОГИИ МОРСКИХ СОМОВ (ARIIDAE)
В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МЕКОНГ**

Е. П. Карпова, Ку Нгуен Динь, Э. Р. Аблязов, И. И. Чеснокова, Чыонг Ба Хай, С. В. Куршаков, Зыонг Тхи Ким Чи..... 157

**СПОСОБ ВЫЖИВАНИЯ ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫХ В
ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКОЙ СРЕДЫ**

А. П. Касаткина, А. А. Косьяненко..... 160

**СОСТАВ И СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ
АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ**

В. В. Касьян, Д. Г. Битютский, В. П. Воронин, О. А. Зуев, О. Ю. Калинина, Г. Д. Колбасова, А. В. Мишин, С. А. Мурзина, Ф. В. Сапожников, В. Л. Семин, Е. С. Чудиновских, А. М. Орлов..... 163

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИАТОМОВЫХ
ВОДОРΟΣЛЕЙ ПОРЯДКА THALASSIOSIRALES
(BACILLARIOPHYTA) В МОРЯХ РОССИИ**

Д. И. Качур, С. В. Туранов, О. Г. Шевченко, А. А. Пономарева, М. А. Шульгина..... 166

**СВОБОДНОЖИВУЩИЕ УСОНОГИЕ РАКИ (CIRRIPEDIA:
THORACICA) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО
ЗАПОВЕДНИКА**

А. А. Кепель..... 167

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБОКОВОДНЫХ CAPRELLIDAE
(AMPHIRODA: SENTICAUDATA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА**

П. А. Киреев, О. А. Головань..... 170

**ПЕРВЫЙ ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗООПЛАНКТОНА
АМУРСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАРИКУЛЬТУРЫ**

В. Б. Козьменко, Д. С. Борисова, Л. Г. Козьменко, А. А. Архипов, С. И. Масленников..... 172

**ДОННЫЕ БИОЦЕНОЗЫ ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО
МОРЯ**

Г. А. Колючкина, А. В. Загайнов, А. Б. Басин, Д. В. Кондарь, В. Л. Семин, У. В. Симакова, И. В. Любимов, М. И. Симаков, В. А. Тимофеев..... 174

ТРОФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАССОВЫХ ВИДОВ ПОЛИХЕТ, ОБНАРУЖЕННЫХ НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ ВДОЛЬ СУБМЕРИДИОНАЛЬНОГО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

А. В. Коноплина, Т. Н. Даутова, С. И. Кияшко 177

СРАВНЕНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА НЕКОТОРЫХ УЧАСТКАХ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ 1990 и 2021 ГОДОВ

Е. Е. Костина, А. П. Цурпало, А. А. Кепель 179

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Т. Н. Крупнова 182

ХЕМОСИМБИОТРОФНЫЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ ПЛИОКАРДИИНЫ (VESICOMYIDAE: PLIOCARDIINAE) ТИХОГО ОКЕАНА

Е. М. Крылова 184

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВИДА И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОЛЫХ ЛОБОЗНЫХ АМЕБ (АМОЕВОЗОА) В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

А. А. Кудрявцев, Е. Н. Волкова, Ф. П. Войтинский, М. С. Кренделев, Д. А. Мишагин, М. М. Трибун 186

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ, БИОГЕОГРАФИИ И ЭВОЛЮЦИИ МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИХ ЭУФАУЗИИД В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ

Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина, У. В. Симакова, А. Л. Верещака 189

РАЗНООБРАЗИЕ РАКОВИННЫХ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАЛИВА ВОСТОК

Е. Б. Лебедев, И. Р. Левенец, Н. И. Григорьева 191

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *MUXOVOLUS* SP. (MUXOSPORA: MUXOVOLIDAE), ПАРАЗИТИРУЮЩЕГО В ПОЧКАХ И НА ЧЕШУЕ *LABEO VATESII* (TELEOSTEI: CYPRINIDAE) В РЕКЕ МАКОМБЕ (КАМЕРУН)

Г. Б. Лекеуфек-Фолефек, Б. Феуджио-Донгмо, Б. Тене-Фоссог, А. Фомена, Ч. С. Вонджи, Д. Аль-Тамими, В. М. Юрахно, Л. Мансур .. 194

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В АВАЧИНСКОМ ЗАЛИВЕ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В 2021 ГОДУ	
<i>Е. В. Лепская</i>	196
ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>MASOMA CALCAREA</i> (GMELIN) В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ	
<i>К. Н. Лисицына, А. В. Герасимова</i>	198
БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ОСТРОВА ЧЕДЖУ (КОРЕЯ)	
<i>К. А. Лутаенко, Р. Ноусворти</i>	201
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МАКРОЗООБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ЛУГОВ <i>ZOSTERA MARINA</i> ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ	
<i>И. В. Любимов, Г. А. Колючкина, У. В. Симакова, А. Б. Басин</i>	203
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДБОРА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВОДСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОДИ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА В ЮЖНОМ ПРИМОРЬЕ	
<i>С. А. Ляшенко</i>	205
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>М. А. Мазур, Е. В. Журавель</i>	208
ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МУРМАНСКОГО МОРСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН	
<i>М. В. Макаров</i>	211
ДЕЛО КУСАКИНА ЖИВЕТ!	
<i>М. В. Малютина</i>	214
ВИДОВОЙ СОСТАВ РЫБ ОСТРОВА ХОН МУН (БУХТА НЯЧАНГ, ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ, ВЬЕТНАМ)	
<i>А. И. Маркевич</i>	217
ПРИМЕНЕНИЕ БЕНТОСНЫХ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ	
<i>С. И. Масленников, А. А. Пахлеванян, А. А. Лазукин, Н. Н. Волченко</i>	220
ЛИПИДОМ ТИЛАКОИДНОЙ МЕМБРАНЫ КАК ХЕМОТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНДОСИМБИОНТОВ КОРАЛЛОВ ИНДО-ПАЦИФИКИ	

<i>Е. В. Маськин, Т. В. Сикорская, Е. В. Ермоленко, К. В. Ефимова, Д. Д. Солодий</i>	221
МОРЖИ НОВОЙ ЗЕМЛИ: ЧТО ПОКАЗЫВАЮТ РАЗНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ?	
<i>И. Г. Мещерский, С. И. Мещерский, Н. В. Крюкова, А. И. Исаченко, Р. Е. Лазарева, С. М. Артемьева</i>	224
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕМАТОД РОДА <i>PARAFILAROIDES</i>, ПАРАЗИТИРУЮЩИХ НА КАСПИЙСКОЙ И БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПАХ	
<i>И. Г. Мещерский, И. В. Суворова</i>	227
ПИТАНИЕ ПЯТНИСТОГО ТЮЛЕНЯ (<i>PHOSA LARGHA</i>) В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО ОКЕАНАРИУМА	
<i>П. В. Мищенко, А. Д. Басараба, И. О. Катин</i>	229
МЕЙОБЕНТОС ОСТРОВОВ КОНДАО (ВЬЕТНАМ): СТРУКТУРА ТАКСОЦЕНОВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ	
<i>В. О. Мокиевский, Л. А. Гарлицкая, Д. В. Кондарь, П. П. Лепихина, Нгуен Динь Ты</i>	231
РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА БУРОГО МОРСКОГО ПЕТУШКА <i>ALECTRIAS ALECTROLOPHUS</i> (STICHAEIDAE) В ПРИБРЕЖЬЕ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)	
<i>М. Ю. Мурашева, А. М. Токранов</i>	233
ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ МОРСКИХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ <i>LEPTOLYNGBIA MINUTA</i> И <i>SPIRULINA SUBSALSA</i>, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>А. В. Огнистая, Т. И. Дункай</i>	236
СПАСЁТСЯ ЛИ МИР ОТ ПЛАСТИКА? ДЕГРАДАЦИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ <i>LITTORINA BREVICULA</i> И В ДОННЫХ ОСАДКАХ	
<i>В. С. Одинцов, А. А. Карпенко, М. А. Карпенко</i>	238
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ГОЛЬЦОВ РОДА <i>SALVELINUS</i>: ИДЕИ, ОСНОВАННЫЕ НА СЕКВЕНИРОВАНИИ ПОЛНЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ	
<i>А. Г. Олейник</i>	240
ВИДЕОРЕГИСТРАЦИЯ ЭУФАУЗИИД В ПРИДОННОЙ ОБЛАСТИ ЗАЛИВА СТЕПОВОГО КАРСКОГО МОРЯ	
<i>А. Л. Оленин</i>	243

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ЭКОСИСТЕМНОГО САМООЧИЩЕНИЯ ВОДЫ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	
<i>С. А. Остроумов, Г. Г. Матишов.....</i>	<i>244</i>
УТОЧНЕНИЕ СРОКОВ НЕРЕСТА ЭЛЕГАНТНОГО БЫЧКА <i>VERO ELEGANS</i> (STEINDACHNER, 1881) (PISCES: COTTIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<i>В. В. Панченко, А. А. Баланов.....</i>	<i>246</i>
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА РАННЕЕ РАЗВИТИЕ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА <i>ERIOSCHEIR JAPONICA</i> (DE HAAN, 1835) ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ	
<i>А. А. Пахлеваян, С. И. Масленников, К. С. Бердасова, Т. А. Геворгян, Л. А. Боцун.....</i>	<i>248</i>
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕРКИ (<i>ONCORHYNCHUS NERKA</i>) ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ И ОСТРОВА ИТУРУП	
<i>О. А. Пильганчук, У. О. Муравская, В. В. Савенков</i>	<i>250</i>
МНОГОЛЕТНЯЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВ РОДА <i>SKELETONEMA</i> (VASCILLARIOPHYTA) В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>А. А. Пономарева, О. Г. Шевченко.....</i>	<i>252</i>
РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ ОБОСОБЛЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ НА ОСТРОВЕ ПОПОВА	
<i>О. А. Поньрко.....</i>	<i>255</i>
СТРУКТУРА МИТОГЕНОМА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ И СИСТЕМАТИКА ПРАВСТОРОННИХ КАМБАЛООБРАЗНЫХ РЫБ СЕМЕЙСТВА PLEURONECTIDAE В ВОСТОЧНОЙ АЗИИ	
<i>А. Д. Редин, Ю. Ф. Картавцев.....</i>	<i>257</i>
ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ГОЛОТУРИЙ МАССИВА ВУЛКАНОЛОГОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ТРОФИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ	
<i>С. А. Родькина, С. И. Кияшко, В. В. Мордухович</i>	<i>259</i>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ (<i>GASTEROSTEUS ACULEATUS</i>) БЕЛОГО МОРЯ МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	
<i>А. Ю. Рольский, Т. С. Иванова, М. В. Иванов, А. С. Демчук, Д. Л. Лайус</i>	<i>261</i>

**БИОТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА МОРСКИХ ВОД И
РАСТВОРЕННЫХ В НИХ ТОКСИКАНТОВ**

*И. И. Руднева, В. А. Терехова, К. А. Кыдралиева, А. А. Поромов,
А. И. Парамонова, В. Г. Шайда* 263

**СООБЩЕСТВА МЕТАНОВЫХ ВЫХОДОВ КОРЯКСКОГО
СКЛОНА БЕРИНГОВА МОРЯ**

*Е. И. Рыбакова, Е. М. Крылова, В. В. Мордухович, С. В. Галкин,
И. Л. Алалыкина, И. С. Смирнов, Н. П. Санамян, И. О. Нехаев, Г. М.
Виноградов, В. А. Шилов, А. А. Прудковский, Е. В. Колпаков, А. В. Гебрук,
А. В. Адрианов* 265

**АДАПТАЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПИНГВИНОВ ГУМБОЛЬДА
(*SPHENISCUS GUMBOLDTI*) В ПРИМОРСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ –
ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
МОРСКОЙ БИОЛОГИИ ИМ. А. В. ЖИРМУНСКОГО ДВО РАН**

М. А. Сабуцкая, О. Д. Демина, Д. А. Рогашевская 268

**НАПРАВЛЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ПОКРОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ДИАДРОМНЫХ И
ПРЕСНОВОДНЫХ РОГАТКОВЫХ РЫБ (*ACTINOPTERYGII*,
SCORPAENIFORMES, *COTTOIDEI*)**

П. А. Савельев 271

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ
ПОЛОСТЕЙ ТЕЛА И ТУЛОВИЩНОЙ МЕЗОДЕРМЫ В ХОДЕ
ЛИЧИНОЧНОГО РАЗВИТИЯ АСЦИДИИ *HALOCYNTHIA*
AURANTIUM (*TUNICATA*, *CHORDATA*)**

А. В. Савельева 273

**ФИТОПЕЛАГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ
РАЙОНОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ АНТАРКТИЧЕСКОГО
ПОЛУОСТРОВА ЛЕТОМ 2022 ГОДА (ПО РЕЗУЛЬТАМ
ЭКСПЕДИЦИИ АМК-87 2021–2022 гг.)**

Ф. В. Сапожников, О. Ю. Калинина, О. В. Ильина 275

ТАРДИГРАДЫ ГАЙОТА КОКО (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ)

А. А. Сауленко, А. С. Майорова, В. В. Мордухович 278

**ВЛИЯНИЕ ОБИЛИЯ ПИЩИ НА РОСТ ПРИМОРСКОГО
ГРЕБЕШКА**

А. В. Силина 280

**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗОАНТАРИЙ (*ANTHOZOA*,
ZOANTHARIA) МОРЕЙ РОССИИ**

*У. В. Симаква, А. Е. Сморгыго, Э. В. Лопухин, В. Н. Москаленко,
Т. Н. Молодцова* 283

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДНК В ГЕМОЦИТАХ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>RUDITAPES PHILIPPINARUM</i> В СВЕТЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА БИОМАРКЕРОВ СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ	
<i>А. В. Синенко, Н. К. Христофорова, А. А. Анисимова</i>	284
АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА	
<i>В. В. Скворцов, С. Г. Денисенко, Д. В. Захаров</i>	287
СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ МОРСКОЙ БИОЛОГИИ ДВО РАН	
<i>А. В. Скрипцова</i>	289
ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕНТОВ КЛАНА <i>CYP74</i> И ПРОДУКТОВ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ У ЛАНЦЕТНИКОВ <i>BRANCHIOSTOMA FLORIDAE</i>, <i>V. BELCHERII</i> И <i>V. LANCEOLATUM</i>	
<i>Е. О. Смирнова, С. С. Горина, Н. В. Ланцова, Я. Ю. Топоркова, А. Н. Гречкин</i>	291
ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У <i>ANADARA BROUGHTONII</i>, ВЫЗВАННЫЕ ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ ЗЕЛеноЙ МИКРОВОДОРОСЛЬЮ <i>COCCOMYXA VERONICA SP. NOV.</i>	
<i>Ю. Н. Сокольников, А. В. Тумас, А. М. Стенкова, В. А. Слатвинская</i>	293
МОДИФИКАЦИЯ ЛИПИДОМА ГОРГОНИЕВЫХ КОРАЛЛОВ ИНДО-ПАЦИФИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИХ МИКРОБИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА	
<i>Д.Д. Солодий, Т. В. Сикорская, Е. В. Ермоленко, К. В. Ефимова, Е. В. Маськин</i>	296
МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТАХ	
<i>С. Ф. Соломатов</i>	298
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МЕДИ В ИОННОЙ И НАНОФОРМЕ НА СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>DUNALIELLA SALINA</i> (TEOD.)	
<i>Е. С. Соломонова, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов, О. А. Рылькова</i>	300
МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ МОРСКОЙ ДИКОЙ ПРИРОДЫ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ В МОРСКОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ	
<i>П.С. Сорокин, В. Н. Бочарников</i>	302

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И КАЧЕСТВЕННАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОПЛАНКТОНА У ЗАПАДНОГО
ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ**

С. Ш. Сулейманов, Н. Э. Мехтиева, А. Э. Гулиева, З. Ю. Абдурахманова
..... 305

**ОЦЕНКА ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ
ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
МАРИКУЛЬТУРЫ**

И. Ю. Сухин, Г. С. Гаврилова..... 308

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ
СООБЩЕСТВ ФОРАМИНИФЕР ЛИТОРАЛИ БУХТЫ СИШИЛИ
ЖЕЛТОГО МОРЯ**

Т. С. Тарасова, А. В. Романова, О. Н. Павлюк, Ю. А. Требухова..... 311

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНОЙ
ЧАСТИ ОСТРОВА РУССКИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО,
ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

К. О. Тевс, О. Г. Шевченко, М. А. Шульгина 313

ТАКСОНОМИЯ И МИРОВАЯ ФАУНА ФОРОНИД (PHORONIDA)

Е. Н. Темерева 316

**ГИДРОПЕРОКСИДБИЦИКЛАЗЫ – НОВЫЕ ФЕРМЕНТЫ
БИОСИНТЕЗА ОКСИЛИПИНОВ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

*Я. Ю. Топоркова, Е. О. Смирнова, Н. В. Ланцова, Л. Ш. Мухтарова,
А. Н. Гречкин* 318

**СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА
В ПРОЛИВЕ СТАРКА**

И. С. Турабжанова, И. Ю. Сухин 320

**ВИДОВОЙ СТАТУС ТРАВЯНОГО ЧИЛИМА *PANDALUS
LATIROSTRIS* RATHBUN, 1902 (DECAPODA: PANDALIDAE) ИЗ
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ПО ДАННЫМ СРАВНИТЕЛЬНОГО
МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

С. В. Туранов, А. Е. Савина 322

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД ДЛЯ
МОНИТОРИНГА ПЕСЧАНЫХ ПОБЕРЕЖИЙ**

Н. П. Фадеева, А. А. Набокина, М. В. Сухомлинова..... 324

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКАХ
СЕМЕЙСТВА *PARVAPLUSTRIDAE* (GASTROPODA:
НЕТЕРОВРАНЧИА) БЕРИНГОВА МОРЯ**

*Е. М. Чабан, Д. М. Щепетов, И. А. Екимова, И. О. Нехаев,
А. В. Чернышев*..... 327

ФИЛОГЕНИЯ РОГАТКОВЫХ РЫБ (СЕМЕЙСТВО СОТТИДАЕ) НА БАЗЕ ПОЛНЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ	
<i>Э. В. Черепкова, Е. С. Балакирев</i>	329
ФАКТОРЫ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСВОЕННОЙ ЭНЕРГИИ НА РОСТ/ПРОДУКЦИЮ ГИДРОБИОНТОВ И ДЛИНУ ТРОФИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	
<i>Н. В. Шадрин</i>	331
ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГОРБУШИ ЗАПАДНОГО И ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖИЙ КАМЧАТКИ	
<i>Е. А. Шевляков, Н. А. Дедерер.....</i>	333
СТРЕССОВЫЕ ОТВЕТЫ ДИНОФИТОВОЙ ВОДОРΟΣЛИ <i>PROROCENTRUM CORDATUM</i> (OSTENFELD) DODGE, 1975 НА ПРИСУТСТВИЕ В СРЕДЕ МЕДИ В ИОННОЙ И НАНОФОРМЕ	
<i>Н. Ю. Шоман, Е. С. Соломонова, А. И. Акимов, О. А. Рылькова.....</i>	335
ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКОГО ЛЬДА ПРИБРЕЖЬЯ ВЛАДИВОСТОКА	
<i>Е. А. Юрикова</i>	337
ООГЕНЕЗ ГЛУБОКОВОДНОГО ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА <i>CALYPTOGENA PACIFICA</i> (VESICOMYIDAE: PLIOCARDIINAE)	
<i>О. В. Юрченко, О. Г. Борзых, А. В. Калачев.....</i>	339
ВЫЯВЛЕНИЕ ХИЧХАЙКИНГА В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА <i>AROSTICHORUS JAPONICUS</i> ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>В. Д. Ягодина, Е. И. Бондарь</i>	342
ФИТОПЛАНКТОН В РАЙОНЕ ПОРТА ТАМАНЬ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА	
<i>О. Н. Ясакова</i>	344

ЭПИФИТОННЫЕ ИНFUЗОРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БУХТЫ КРУГЛОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

А. Ш. Абибулаева, И. В. Довгаль

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

г. Севастополь

Abibulaeva@ibss-ras.ru

Биоценозы зарослей макрофитов включают зарослеобразующие водоросли или морские травы, на которых обитают эпифитонные растения, бактерии и беспозвоночные. Макрофиты являются удобным субстратом для прикрепления к ним различных перифитонных организмов. Организмы эпифитона могут достигать большого обилия и играть важную роль в функционировании разных водных экосистем. При этом существенной составной частью эпифитона являются сидячие инфузории. Изучение фауны обитающих на макрофитах сидячих перитрих представляет большой экологический интерес. Эта группа инфузорий имеет очень широкое распространение за счет разнообразия адаптаций, что дает ей возможность приспосабливаться к жизни на многих видах макрофитов. Кругоресничные инфузории достаточно широко распространены в природных водоемах и играют важную роль в поддержании в них биологического равновесия, участвуют в процессах самоочищения воды, являются организмами-индикаторами санитарно-гигиенического состояния водоемов, а также входят в спектры питания различных гидробионтов.

Однако сведения о сидячих инфузориях, обитающих на морских водорослях и высших растениях Черного моря весьма скудны, в основном они представлены в списках в обзорных статьях Гассовского и Константиненко, или в отдельных публикациях Довгалья, Павловской, Шадрина, Сергеевой и др.

С целью изучения таксономического разнообразия инфузорий эпифитона и выявления особенностей изменения их обилия в течение года (сентябрь 2020 – сентябрь 2021 гг.) ежемесячно собирали талломы водорослей *Ericaria crinita*, *Ulva linza*, *U. compressa*, *U. rigida*, *Cladophora sericea*, *C. vadorum*, *Gongolaria barbata*, *Nereia filiformis*, *Ceramium secundatum*, *Cladostephus spongiosus*, *Bryopsis plumosa*, *Pylaiella littoralis* и *Phyllophora crispa* в б. Круглой (Черное море). Бухта Круглая отличается биологическим и ландшафтным разнообразием, обилием уникальных местообитаний донной растительности, здесь представлены фитоценозы как морских трав, так и водорослей.

Сбор макроводорослей производили ручным методом и путем соскобов на глубине от 0.1 до 2 метров в восьми точках б. Круглой. Затем фрагменты таллома водорослей помещали в емкость с морской водой с

места сбора и доставляли в лабораторию. Разбор проб производили в лаборатории ФИЦ ИнБЮМ преимущественно в технике *in vivo* (для изучения кругоресничных инфузорий этот метод является основным). Детальный микроскопический анализ и количественный учет инфузорий выполнен с помощью бинокля МБС-10, микроскопов Carl Zeiss и Olympus, оснащенных фотокамерами, сопряженными с ПК. Морфометрические характеристики определены с использованием программы Tour View 3.7. Идентификацию инфузорий проводили по Warren and Paynter (1991), Довгаль (2013), Song et. al. (2009), Hu et. al. (2019), Kahl (1935), Stokes (1893) и Warren (1986). Систематическое положение таксонов дано по Lynn (2008). На последующем этапе материал фиксировали 96% этанолом либо 4% формалином. Для статистической обработки использовали программные пакеты MS Excel и PAST.

Подсчет особей проводили прямым способом, под микроскопом. Таллом водоросли разбивали на зоны, которые просматривали и определяли количество инфузорий на 1 мм² нити водоросли. Затем численность экстраполировали на 1 см² площади таллома. Однако в связи со сложной архитектурой субстрата, сложностью расчета площади водорослей и способностью инфузорий образовывать агрегации приведенные величины отражают лишь примерное соотношение видов по численности.

Прослежена сезонная динамика видового богатства инфузорий эпифитона бухты Круглой. Максимальное количество видов в пробах зафиксировано в июне 2021 г. (9 видов). Пиковыми были также апрель 2021 и октябрь 2020 гг. (7 и 6 видов соответственно). В августе 2021 г. количество зафиксированных видов в пробе свелось к нулю. Причинами отмеченного минимума могут быть высокая температура воды прибрежной зоны (средняя температура воды в августе составила 24°C) и низкое содержание в воде растворенного кислорода, в связи с чем могло произойти перераспределение агрегаций инфузорий на большие глубины, а также переход их в стадию цист.

Полученные результаты позволяют сделать предварительный вывод о том, что основу таксономической структуры инфузорий эпифитона прибрежной зоны б. Круглой составляют 5 родов инфузорий: *Vorticella* Linnaeus, 1767, *Zoothamnium* Bory de St. Vincent, 1826, *Cothurnia* Ehrenberg, 1831, *Euplotes* Müller, 1786 и *Epistylis* Ehrenberg, 1830. За период исследований в эпифитоне б. Круглой зафиксировано в общей сложности 23 вида инфузорий, из них 9 указаны для Черного моря впервые.

По частоте встречаемости в бухте Круглой преобладали такие виды, как *Euplotes harpa* Stein, 1859 (22.2%), *E. balteatus* (Dujardin, 1841) (19.4%), *Zoothamnium duplicatum* Kahl, 1933 (16.7%) и *Vorticella marina*

Greeff, 1870 (16.7%). Наименьшая частота встречаемости зафиксирована у вида *V. globularia* Muller, 1773 (всего 2.8%). Возможно, этот вид является случайным в данном регионе.

Наибольшая численность в бухте Круглой отмечена у *Zoothamnium duplicatum* Kahl, 1933 (250 клеток/см² таллома), наименьшая – у *Vorticella globularia* Muller, 1773 (всего 5 клеток/см² таллома водоросли).

Тот факт, что многие из найденных видов инфузорий оказались новыми для акватории, свидетельствует о недостаточной изученности инфузорий эпифитона в данном регионе.

Работа выполнена в рамках выполнения госзадания № 121040500247-0 «Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия».

**МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
ПОПУЛЯЦИИ *ANADARA KAGOSHIMENSIS* В АЗОВО-
ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ**

М. С. Ананьева¹, У. В. Симакова¹, Г. А. Колючкина¹, К. А. Лутаенко²

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;

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

ananeva_marya@mail.ru, yankazeisig@gmail.com,

galka.sio@gmail.com, lutaenko@mail.ru

Черное море геологически молодое, и формирование фауны в нем не окончено, идет постоянный процесс вселения новых видов. В последние 100 лет наблюдается вселение с марикультурой и балластными водами чужеродных видов из бассейна Тихого океана. Одним из широко распространенных видов вселенцев является двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis*. В Черном море этот вид впервые был обнаружен в 1968 г. А к началу XX века анадара распространилась по всему Азово-Черноморскому бассейну.

Ранее были проведены исследования морфологического и генетического разнообразия внутри разных популяций *A. kagoshimensis*, как из естественного ареала, так и в районе интродукции. Популяции этого вида в Черноморском регионе отличаются высоким морфологическим разнообразием и низким разнообразием участка митохондриального гена COI. Однако существуют публикации, которые говорят о высоком генетическом полиморфизме в популяциях этого вида как в естественном ареале, так и в районах интродукции. Комплексный подход к изучению разнообразия вида мог бы помочь разобраться в этом вопросе. Нашей целью был анализ морфологического и генетического разнообразия вида-вселенца *A. kagoshimensis* и сравнение образцов Азово-Черноморского бассейна с образцами из нативного ареала (Желтого и Восточно-Китайского морей).

Морфологические данные получены для 262 экз. из инвазивного и 36 образцов из нативного регионов. Проведены измерения длины, высоты, ширины раковины, длины и ширины лигамента, расстояния от переднего края до верхушки раковины, числа ребер и количества шевронов.

Для 146 образцов из инвазивного Азово-Черноморского региона и 34 образцов из нативного региона получены последовательности участка гена COI длиной 596 п.н. Проведен анализ генетического разнообразия на основе собственных данных и последовательностей из базы данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Для этого использовали программы Codone Code Aligner (Codon Code Corporation), BLAST

(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) и Geneious® 11.1.5 (Invitrogen Corporation) с алгоритмом MAFFT.

Средние значения морфометрических показателей у образцов из всех регионов достоверно не отличались (длина раковины и число ребер у образцов из Азовского моря 38 ± 5.2 мм, 32 ± 1.4 шт.; из Чёрного – 36.2 ± 10.9 мм, 32 ± 2 шт.; из Восточно-Китайского – 36.5 ± 2.1 мм, 31 ± 1 шт. и из Желтого – 35.4 ± 4.8 мм, 32 ± 2 шт.). Средние значения параметров у популяций из разных регионов были сходными. Выборки из всех регионов укладывались в широкие для данного вида пределы изменчивости. Наиболее широкий разброс значений был у образцов из Азово-Черноморского региона, здесь встречались как крупные (длина раковины до 62 мм), так и мелкие (до 10 мм) особи; как с большим числом ребер (до 37), так и с малым (27); как с округлой, так и с вытянутой формой раковины. Предположительно, это связано с меньшими объемами выборки из нативного региона, а также с особенностями условий среды в регионе вселения (например, с высокими сезонными колебаниями температур).

Дополнительно проведен анализ черноморских образцов, собранных на разных глубинах. Морфологически при сходном возрасте глубоководная часть популяции, собранная на глубинах 20–45 м отличалась от мелководных особей (глубины до 20 м) меньшими размерами (соответственно 19.1 ± 4.2 мм и 39.2 ± 8.6 мм) и меньшим количеством ребер (27–33 шт. у глубоководных и 30–35 шт. у мелководных анадар). Выдвинуто предположение, что рост моллюска на больших глубинах замедляется из-за более низких температур. При анализе участка гена COI отличий между этими морфами не обнаружено.

По данным анализа участка гена COI исследованных нами образцов, и в нативном, и в инвазивном регионе доминировал один и тот же гаплотип. Но генетическое разнообразие в регионе вселения было выше (5 гаплотипов), чем в нативном (1). В Азово-Черноморском регионе обнаружены 4 гаплотипа, не встреченные в Восточно-Китайском и Желтом морях; один из них был общим для Азовского и Черного моря и 3 гаплотипа встречены только в Азовском море. Такой результат, возможно, связан с объемами исследованных выборок, в Азовском море выборка была наибольшей – 87 экз.

В ходе настоящего исследования с помощью метода подсчета количества нуклеотидных замен в разных позициях кодона и метода трансляции в аминокислотную последовательность, установлено, что часть последовательностей митохондриального гена COI в базе данных GenBank (работа Tanaka, Aranishi, 2014) являются набором ядерных копий митохондриального гена, которые нельзя использовать для изучения популяционной структуры.

**АНАЛИЗ КЛЕТОЧНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГЕМОЦИТОВ
ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА ИЗ ЗОНЫ АКВАКУЛЬТУРЫ В
Б. ВИТЯЗЬ В СВЯЗИ С ПОДОЗРЕНИЕМ НА ГЕМИЧЕСКУЮ
НЕОПЛАЗИЮ**

**А. А. Анисимова, И. А. Железнов, Д. В. Носков, М. Н. Дягилева,
В. Г. Спудулите**

*Институт Мирового океана, Дальневосточный федеральный
университет, г. Владивосток
anisan77@mail.ru*

В ходе скрининга на предмет состояния системы клеточного иммунитета природных популяций двустворчатых моллюсков зал. Петра Великого в некоторых его районах обнаружены патологические изменения гемоцитов у приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*, соответствующие картине гемической неоплазии. Факт быстрого распространения этого заболевания в морских акваториях вызывает настороженность в отношении здоровья моллюсков в аквакультуре. Настоящая работа посвящена комплексному анализу гемоцитов приморского гребешка, выращиваемого в б. Витязь, в связи с сообщением о массовой гибели особей в одном из хозяйств.

Материалом послужили образцы гемолимфы 40 особей-двухлеток *M. yessoensis*, собранных на акваферме в начале сентября 2021 г. Микроскопический анализ гемоцитов, фиксированных 70% этанолом и окрашенных по Романовскому-Гимзе, выявил массовое присутствие клеток атипичной морфологии в гемолимфе гребешков (до 99% у отдельных особей), которые дифференцировались на два типа, условно клетки А и Б, если следовать морфологической классификации неопластических гемоцитов мидий. Клетки типа А имели специфическую овоидную или веретеновидную форму, варьировали в размерах, достигая 10–15 мкм в длину при обычном размере гемоцитов 5–7 мкм. Небольшие клетки типа А имели компактные ядра, часто плеоморфные либо множественные; крупные клетки типа А характеризовались очень большим рыхлым ядром, либо не имели оформленного ядра из-за выраженной экструзии хроматина, некоторые из них демонстрировали митотические фигуры. Клетки типа Б имели размеры от 7 до 12 мкм, округлую форму, компактное ядро часто неправильной формы, и высокое ядерно-цитоплазматическое отношение.

Проточная цитометрия окрашенных DAPI гемоцитов показала, что у половины особей содержание ДНК в 20–80% клеток гемолимфы соответствовало полиплоидному или анеуплоидному набору хромосом, что является характерным признаком гемической неоплазии у *Bivalvia*. Значения массы ДНК варьировали в широком ряду, вплоть до 30 с, чаще

всего встречались значения 3 и 5 с. Больные особи демонстрировали высокую генетическую гетерогенность популяции гемоцитов; четкой повторяемости паттернов распределения клеток по содержанию ДНК не наблюдалось.

Для дифференциальной оценки генетического статуса атипичных гемоцитов разных морфологических типов проведено фракционирование клеток трех образцов гемолимфы путем центрифугирования в градиенте плотности перколла 10–20–30–40 % при 800 g в течение 10 мин с последующей проточной цитометрией в присутствии внутреннего гаплоидного стандарта (сперматозоиды *M. yessoensis*). В каждом случае были получены разные результаты, подтверждающие как внутри-, так и межиндивидуальную генетическую вариабельность атипичных клеток. В первом образце наблюдали разделение гемоцитов на две мажорные фракции: одна формировалась на границе 10–20%, другая – на границе 30–40%. Легкая фракция была представлена диплоидными клетками, тяжелая – триплоидными. Во втором образце клетки также разделялись на две фракции: на уровне 10–20% оседали диплоидные гемоциты, а фракция 20–30% состояла из клеток с вариабельным содержанием ДНК менее 2 с, что соответствует апоптозу. При этом в первом образце численное преимущество имели клетки атипичной морфологии с преобладанием клеток типа Б, а во втором больше половины гемоцитов имели нормальный фенотип. Следовательно, накопление триплоидных гемоцитов в первом образце может быть связано с отсутствием апоптотического контроля процесса злокачественной трансформации клеток. Наконец, третьему образцу была свойственна максимально высокая генетическая вариабельность гемоцитов и самая сложная закономерность распределения клеток в градиенте перколла. Клетки разделялись на четыре фракции в зависимости от соотношения целого ряда параметров: размера и компактности самих клеток, структурных характеристик ядерного аппарата, ядерно-цитоплазматического отношения и собственно уровня ploидности. Самая легкая фракция залегала выше границы 10–20%, содержала как диплоидные гемоциты небольшого размера, так и более крупные полиплоидные клетки. Последние формировали бимодальное распределение по содержанию ДНК, а по параметрам светорассеяния дифференцировались на две популяции: 1) относительно небольшие клетки с низким уровнем структурной сложности (тип Б); 2) крупные клетки с высоким уровнем структурной сложности (тип А). При этом почти все клетки популяции 1 попадали в мажорный пентаплоидный пик, в то время как клетки популяции 2 четко делились на два класса: 5 и 10 с. Микроскопический анализ показал в этой фракции высокое содержание (43%) крупных овоидных и округлых клеток с опустошенными ядрами и морфологическими признаками экструзии хроматина. Здесь же

находились небольшие гемоциты с обычным ядром и хорошо выраженными псевдоподиями. Клетки фракции 10–20% почти всегда имели оформленное ядро, а по массе ДНК укладывались в один пик с модальным значением 3 с и протяженным правым плечом. Высокploидные гемоциты правого плеча распадались на две популяции по параметрам светорассеяния: 1) клетки крупных размеров с фиксированным значением массы ДНК 10 с; 2) клетки небольших размеров с высоким уровнем неоднородности цитоплазмы и мультимодальным распределением по массе ДНК, что характеризует их как генетически нестабильные либо апоптотические. Клетки фракции 20–30% чаще имели крупные ядра и формировали асимметричный пик с модальным значением 3 с и дополнительным подпиком на уровне 5 с, а также несколько малых пиков, представленных клетками с массой ДНК от 8 с и более. По параметрам светорассеяния гемоциты четко дифференцировались на три популяции: 1) небольшие клетки с низким уровнем структурной сложности, разделяющиеся на два класса, 3 и 5 с; 2) небольшие триплоидные клетки с высоким уровнем структурной сложности; 3) крупные клетки с высоким уровнем структурной сложности, разделяющиеся на два класса, 3.5 и 11 с. В зону 40% практически в чистом виде проходили пентаплоидные клетки с компактным ядром и высоким ядерно-цитоплазматическим отношением.

Таким образом, морфологическая атипия гемоцитов в сочетании с картинами митоза, проявлениями апоптоза и высоким уровнем генетической вариабельности дает основание констатировать факт поражения гребешков из аквафермы в б. Витязь гемической неоплазией. Для представителей семейства *Pectinidae* феномен лейкемия-подобной опухолевой трансформации клеток описан впервые.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ARTHROPODA В ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДАХ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СОЛЕННОСТИ

Е. В. Ануфриева

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

г. Севастополь

lena_anufrieva@mail.ru

Убывание общего количества животных с ростом солености является широко известным фактом. В тоже время эта зависимость в отдельных таксонах количественно не описана. Количество типов свободноживущих животных не зависит от солености в диапазоне от 35 до 100 г/л, при дальнейшем увеличении солености количество типов уменьшается, и при самой высокой концентрации соли отмечены лишь Arthropoda. Зависимость общего количества типов и классов от солености наилучшим образом описывается (аппроксимируется) прямыми линиями, то есть зависимость близка к линейной. Скорость уменьшения количества классов выше, чем типов. При увеличении солености выше 35 г/л, доля видов всех типов, кроме Arthropoda, в общем видовом разнообразии животных убывала. В то время как доля Arthropoda увеличивалась, что описывается уравнением ($R^2 = 0.948$):

$$y = 27.15 \ln(S) - 59.67$$

где y – доля видов Arthropoda в общем видовом богатстве животных, %, S – соленость, г/л.

Количество классов, отрядов, родов и видов Arthropoda экспоненциально достоверно уменьшалось с ростом солености.

В подтипе Crustacea с ростом солености количество классов и отрядов убывало линейно, а родов и видов – экспоненциально. При увеличении солености на 30 г/л количество классов Crustacea уменьшалось в среднем на 4% ($CV = 0.100$), отрядов – на 11% ($CV = 0.142$), родов – на 29% ($CV = 0.239$), видов – на 29% ($CV = 0.186$). Среднее количество видов в роду во всем интервале солености составляло 1.9 ($CV = 0.110$), варьируя от 2.11 до 1.56, и не было единого тренда изменения этого показателя с ростом солености.

Класс Branchiopoda. В диапазоне солености от 35 до 250 г/л отмечено 2 отряда Anostraca и Anomopoda (надотряд Cladocera), при солености от 251 до >310 г/л – 1 отряд Anostraca. Количество родов и видов экспоненциально уменьшалось с ростом солености. Показатель экспоненты для родов 0.008, для видов 0.007, то есть с ростом солености скорость уменьшения количества родов и видов близка. При увеличении солености на 30 г/л количество родов уменьшалось в среднем на 24% (CV

= 0.210), видов – на 20% ($CV = 0.150$). Расчет показал, что среднее количество видов в роду во всем интервале солености составляло 3.5 ($CV = 0.186$), при этом с ростом солености значение достоверно возрастало от 2.7 до 5.0. Такой необычный вид зависимости связан с тем, что количество родов убывало несколько быстрее, чем видов. При этом следует заметить, что если количество видов *Anomopoda* сильно убывало с ростом солености, при солености выше 220 г/л оставался только один вид *Moina salina* Daday, 1888, то для *Anostraca* количество видов мало менялось, особенно в родах *Artemia* и *Parartemia*.

Класс Copepoda. В диапазоне солености от 35 до 310 г/л отмечено 3 отряда Calanoida, Cyclopoidea и Harpacticoida, при солености выше 310 г/л – 1 отряд Harpacticoida. Количество родов и видов экспоненциально уменьшалось с ростом солености. При увеличении солености на 30 г/л количество родов уменьшалось в среднем на 28% ($CV = 0.315$), видов – на 32% ($CV = 0.335$). Расчет показал, что среднее количество видов в роду во всем интервале солености составляло 1,48 ($CV = 0.202$), и с ростом солености постепенно достоверно убывало с 1.90 до 1.00. При солености от 310 до 360 г/л отмечали только один вид *Cletocamptus retrogressus* Shmankevitch, 1875.

Класс Malacostraca. С ростом солености количество отрядов убывало линейно, а родов и видов экспоненциально. При увеличении солености на 30 г/л количество родов уменьшалось в среднем на 38% ($CV = 0.445$), видов – на 42% ($CV = 0.480$). В диапазоне солености от 35 до 130 г/л среднее количество видов в роду с ростом солености уменьшалось от 1.6 до 1 вида ($R = 0.991$; $p = 0.0005$), а при более высокой солености до 200 г/л оставался один вид *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931).

Класс Thecostraca. В диапазоне солености от 35 до 80 г/л встречено всего три вида, которые относятся к двум родам отряда Balanomorpha – *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854), *A. eburneus* (Gould, 1841) и *Fistulobalanus pallidus* (Darwin, 1854).

Класс Ostracoda. Во всем диапазоне солености отмечен один отряд Podocoripida. С ростом солености количество родов убывало линейно, а видов экспоненциально. При увеличении солености на 30 г/л количество родов уменьшалось в среднем на 18% ($CV = 0.304$), видов – на 27% ($CV = 0.325$). В диапазоне солености от 35 до 250 г/л среднее количество видов в роду уменьшалось с ростом солености от 3.3 до 1 вида ($R = 0.99$; $p = 0.0005$), а при более высокой солености от 221 до 325 г/л оставался один вид *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855).

Подтип Hexapoda. Во всем диапазоне солености отмечен только один класс Insecta. Количество отрядов, родов и видов экспоненциально уменьшалось с ростом солености. Количество классов не зависело от солености. При увеличении солености на 30 г/л количество отрядов уменьшалось в среднем на 12% ($CV = 0.155$), родов – на 27% ($CV = 0.239$),

видов – на 31% ($CV = 0.267$). Расчет показал, что среднее количество видов в роду во всем интервале солености составляло 1.6 ($CV = 0.232$) и с ростом солености постепенно достоверно убывало от 2.11 до 1.00.

Общее количество отрядов, родов и видов Crustacea во всех интервалах солености было выше, чем таковых Hexapoda: количество отрядов в среднем выше в 2.2 раза ($CV = 0.237$), родов – в 1.4 раза ($CV = 0.174$), видов – в 1.8 раз ($CV = 0.343$).

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект № 18-16-00001).

ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОФАУНЫ СУБЛИТОРАЛИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА

*Н. Л. Асеева¹, Д. Г. Кравченко¹, В. Н. Измятинская²,
Д. В. Измятинский¹*

¹*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),
г. Владивосток;*

²*Средняя общеобразовательная школа № 61, г. Владивосток
nadezhda.aseeva@tinro-center.ru
izmdenver@rambler.ru*

Одним из способов выделения морских биотопов является их разграничение согласно вертикальной зональности моря. Рыбы – подвижные объекты, среди них нет таких, которые придерживались бы только зоны приливов и отливов, поэтому сублитораль для рыб – минимально обособляемый биотоп, под которым мы подразумеваем глубины от 0 до 50 м. Сообщество рыб прибрежных вод, в основном, описано только для южной части российской зоны Японского моря.

Целью данной работы является исследование ихтиофауны сублиторали самого северного района Японского моря, обозначенного цифрой 1 в Атласе количественного распределения nekтона в северо-западной части Японского моря (2004).

В основу работы положены материалы учетных донных траловых съемок, выполненных тихоокеанским, хабаровским и сахалинским филиалами ФГБНУ «ВНИРО» с 1990 по 2020 гг.

В сублиторали северной части Татарского пролива зарегистрировано 70 видов рыб из 22 семейств. Наибольшим числом видов представлены семейства камбаловых Pleuronectidae (14), рогатковых Cottidae (13), стихеевых Stichaeidae (7), лисичковых Agonidae (6), терпуговых Hexagrammidae (4), корюшковых Osmeridae, тресковых Gadidae, а также бельдюговых Zoarcidae и волосатковых Hemitripteraeidae (по 3). Остальные семейства представлены 1–2 видами. Для сравнения, в донных тралениях на акватории сублиторали зал. Петра Великого отмечено 114 видов рыб.

По обилию и встречаемости в съемках мы разделили зарегистрированных рыб на 4 группы. В первую группу вошли 17 субдоминантных видов, которые вносят в ихтиомассу района самый большой вклад – более 1%. Каждый из этих видов в те или иные годы способен стать в съемках доминирующим, т.е. образовывать более 10% ихтиомассы траловых уловов. Это происходит за счет вспышки численности конкретных видов или же в результате их перераспределения в толще воды, которое делает их легкодоступными

для облова донным тралом. В наших уловах в разное время доминировали семь видов: тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii*, дальневосточная навага *Eleginus gracilis*, морская малоротая *Hypomesus japonicus* и зубастая *Osmerus mordax dentex* корюшки, дальневосточная мойва *Mallotus villosus catervarius*, керчак-яок *Myoxocephalus jaok* и звездчатая камбала *Platichthys stellatus*. Кроме того, в первую группу мы включили тихоокеанскую треску *Gadus macrocephalus*, нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger*, пятнистого терпуга *Hexagrammos stelleri*, 4 вида камбал (четырёхбугорчатую *Pleuronectes quadrituberculatus*, желтоперую *Limanda aspera*, сахалинскую *L. sakhalinensis*, желтополосую *Pseudopleuronectes herzensteini* и японскую *P. yokohamae*), а также многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и минтая *Gadus chalcogramma*.

Вторая группа видов объединила рыб, обычных на сублиторали, постоянно встречающихся здесь, но по биомассе не дотягивающих до субдоминантных. К этой группе отнесены камбала Надежного *Acanthopsetta nadeshnyi*, палтусовидная *Hippoglossoides dubius* и длиннорылая *Limanda punctatissima* камбалы, охотский липарис *Liparis ochotensis* и еще 10 видов. В третью группу вошли виды, о которых достоверно известно, что в данный период времени они всегда присутствуют в сублиторали северной части Татарского пролива, но в силу особенностей распределения (или низкого обилия) в траловых съемках непостоянны и малочисленны. Таких насчитывается 19 видов, к ним, например, относятся полосатая камбала *Liopsetta pinnifasciata* и снежный керчак *Myoxocephalus brandtii*. Остальные 20 видов, образующих четвертую группу, характеризуются единичными поимками, и их постоянная встречаемость в данных водах пока не доказана.

В 1990-х гг. абсолютно преобладала мойва, на ее долю, по усредненным данным, приходилось 63.8% ихтиомассы и более 94% общей численности рыб; на втором месте по биомассе находилась навага (13.3%). В 2000-х гг. по обилию снова преобладала мойва, ее доли по биомассе (66.5%) и численности (95%) были идентичны таковым в 1990-х гг. Но вторым доминирующим видом в 2000-х гг. была тихоокеанская сельдь (12% ихтиомассы). В 2010-х гг. на первом месте по биомассе оказалась зубастая корюшка (18.5% ихтиомассы), на втором – звездчатая камбала (17.4%), на третьем – керчак-яок (12.6%) и еще одним доминирующим видом была морская малоротая корюшка (11.4%).

В 1990-е гг. биомасса рыбного населения сублиторали северной части Татарского пролива составляла 8.1 т/км², а численность рыб – 303 тыс. экз./км², ихтиоцен характеризовался низким разнообразием (0.32) и высокой степенью доминирования (0.89). В 2000-х гг., по сравнению с 1990-ми, обилие рыб уменьшилось примерно в 2 раза, биомасса стала в среднем составлять 4.0 т/км², а численность 111.1 тыс. экз./км². Поскольку

структура доминирования практически не изменилась, можно утверждать, что уменьшение обилия рыб произошло не за счет какого-то одного, а за счет разных видов. Обилие рыб в съемках 2000-х гг. оказалось еще более низким и в весовом выражении (3.2 т/км²), и в численном (106.7 тыс. экз./км²). Вследствие большего количества доминирующих видов ихтиоцен данного временного промежутка оказался наиболее выровненным с индексом доминирования 0.57 и индексом разнообразия 1.11.

При сравнении ихтиофауны сублиторали самого северного района Японского моря с ихтиофауной сублиторали самых южных районов различия видны на примере состава камбал. По обобщенным данным за все годы, в сублиторали северной части Татарского пролива самой массовой была звездчатая камбала (6.3% ихтиомассы), а на втором месте находилась четырехбугорчатая камбала (2.0%). Следующими по биомассе были желтоперая, японская и сахалинская камбалы (по 1.3%), затем желтополосая (1.1%) и палтусовидная (0.5%). В сублиторали зал. Петра Великого и южного Приморья за м. Поворотный состав камбал другой. Здесь, по обобщенным данным, доминируют (более 10% ихтиомассы) японская, желтополосая и длиннорылая камбалы; звездчатая камбала составила 3.0% ихтиомассы, а четырехбугорчатая встретила всего несколько раз в единичных экземплярах.

Примечательны различия в распределении многоиглого керчака на юге и севере российской зоны Японского моря. В южной части он предпочитает глубины элиторали (50–200 м), ближе к берегу встречаясь мало; а в водах северного Приморья и Татарского пролива в значительных количествах придерживается и сублиторали.

Таким образом, в сублиторали северной части Татарского пролива зарегистрировано 70 видов рыб из 22 семейств, что на 44 вида меньше, чем в самом южном районе российской зоны Японского моря. Отмеченные виды разделены на 4 группы по обилию и частоте встречаемости в съемках. Наиболее высокой (8.1 т/км²) биомасса рыб была в 1990-е годы, но существенно сократилась в два последующие десятилетия. Большую часть времени ихтиоцен характеризовался низким разнообразием (около 0.32) и высоким доминированием (около 0.89).

РЕКОМБИНАНТНЫЕ МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ ГЕНОМЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ (НА ПРИМЕРЕ САЛАНКСОВЫХ РЫБ)

Е. С. Балакирев

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

Гибридизация, опосредованная деятельностью человека (антропогенная гибридизация), возникает в тех случаях, когда между сосуществующими, но экологически различающимися таксонами, которые не скрещиваются в естественных условиях, разрушаются репродуктивные барьеры вследствие антропогенных нарушений, обусловленных интродукцией и трансплантацией видов, изменениями среды обитания и климата. Антропогенная гибридизация представляет одну из основных угроз для биологического разнообразия, являясь причиной деградации локально адаптированных генофондов природных популяций и создавая предпосылки для вымирания видов. Более того, антропогенная гибридизация может провоцировать инвазивный характер эволюции, что обычно приводит к появлению многочисленных экологических, эволюционных и экономических проблем. Трудности борьбы с инвазиями обусловлены тем, что гибридизация инвазивных видов способствует появлению нового генетического разнообразия, снижающего сдерживающие эффекты инбредной депрессии и увеличивающего возможности быстрой адаптации в новых условиях окружающей среды, обеспечивая дальнейшее развитие масштаба инвазии.

Саланксовые рыбы (семейство *Salangidae*), *Protosalanx chinensis* и *Neosalanx tangkahkeii*, являются коммерчески важными объектами аквакультуры в Китае. В последние 30 лет эти виды активно переселяли из озера Тайху (восточный Китай) в сотни других озер и водохранилищ по всей стране. Разрабатывались методы искусственного воспроизводства, включающие подращивание молоди с последующим выпуском в природную среду для повышения продуктивности и объема промысла. Интродукция и трансплантация саланксовых рыб принесли значительные экономические выгоды, но одновременно существенно снизили и поставили под угрозу биоразнообразие в местных сообществах. При вселении в новые местообитания оба вида, *P. chinensis* и *N. tangkahkeii*, часто проявляли качества, характерные для успешных инвайдеров (расширение ареалов и существенный урон окружающей биоте).

Учитывая тот факт, что преднамеренная интродукция и трансплантация являются одними из основных причин антропогенной гибридизации, китайские исследователи высказали опасение о возможной межвидовой гибридизации саланксовых рыб, что, однако, до сих пор не было подтверждено генетически. Это опасение не беспочвенно, поскольку даже при отсутствии генного потока (генетической интрогрессии), межвидовая гибридизация может иметь пагубные последствия для скрещивающихся видов.

Для того, чтобы оценить вероятность межвидовой гибридизации у саланксовых рыб, в настоящей работе на основе ресурсов генного банка проанализированы паттерны генетического разнообразия и рекомбинации в полных митохондриальных (мт) геномах этих рыб. Анализ с использованием метода скользящих окон выявил неравномерное распределение внутривидовых различий у *P. chinensis* с четырьмя ярко выраженными пиками дивергенции, центрированными на гены *COI*, *ND4L-ND4* и *ND5*, а также на контрольный регион (CR). Соответствующие дивергентные регионы у *P. chinensis* демонстрируют высокое сходство (99–100%) с родственными саланксовыми рыбами *N. tangkahkeii* и *N. anderssoni*. Это наблюдение позволяет предположить, что дивергентные регионы *P. chinensis* могут представлять рекомбинантную ДНК, содержащую фрагменты мт геномов различных видов саланксовых рыб. Действительно, четыре статистически существенных (парный тест на индекс гомоплазии, $P < 0.00001$) сигнала рекомбинации обнаружены в координатах, соответствующих дивергентным регионам. Рекомбинантные фрагменты не фиксированы и различные мт геномы *P. chinensis* мозаичны по числу и структуре рекомбинантных событий. Эти факты, наряду с высоким сходством или полной идентичностью рекомбинантных фрагментов между донорными и реципиентными последовательностями, указывают на исторически недавнюю и современную межвидовую гибридизацию между *P. chinensis* и двумя видами *Neosalanx*. Альтернативные гипотезы, включающие таксономические ошибки, ошибки выравнивания последовательностей, ДНК контаминации и/или искусственные рекомбинанты, генерируемые ошибками полимеразной цепной реакции, не подтверждаются данными.

Полученные результаты важны для практических разработок методов ответственного управления аквакультурой и сохранения биоразнообразия. Рекомбинантные фрагменты, включающие гены *COI*, *ND4L-ND4* и *ND5*, а также CR, являются специфичными маркерами для различения гибридов между *P. chinensis* и двумя видами *Neosalanx*. Два из них, *COI* и CR, проявляющие полную идентичность между *P. chinensis* и *N. tangkahkeii*, могут использоваться в качестве диагностических маркеров для мониторинга динамики современной гибридизации саланксовых рыб и их инвазивных фронтов. Для определения

современных ареалов чистых видов *P. chinensis* и *N. tangkahkeii* и их гибридов, необходим обширный пространственно-временной анализ образцов из нативных и инвазивных регионов, что поможет разработать наиболее подходящие режимы аквакультуры, минимизирующие вероятности антропогенной гибридизации и других негативных последствий интродукции и трансплантации, снижающих биоразнообразие и подрывающих устойчивость экосистем.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ОКЕАНИЧЕСКИХ ДЕЛЬФИНОВ

**Н. В. Баркина^{1,2}, Д. Ю. Баркина¹, М. Ю. Баркина², Н. В. Мазитова¹,
М. Ю. Швецов²**

¹Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
г. Владивосток;

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
marybarkin@yandex.ru

Дельфины считаются одними из самых умных морских обитателей на Земле. Существует 17 основных видов дельфинов, среди которых различают морских, речных и озёрных. Представители семейства Delphinidae – океанические дельфины – обитают во всех океанах. Касатка – единственный представитель этого семейства, который встречается в холодных арктических регионах. В естественной среде обитания дельфины могут жить 25 – 50 лет. Изменения факторов окружающей среды, такие как значительные колебания температуры воды или доступность пищи, приводят к миграциям этих животных. В настоящее время многие виды дельфинов находятся под угрозой исчезновения. Один из них – обыкновенный дельфин (*Delphinus delphis*) в Средиземном море. Одной из причин снижения численности дельфинов является загрязнение вод. Химическое загрязнение, вызванное попаданием в воду нефти, различных химических соединений и тяжёлых металлов, приводит к высокой смертности животных, в первую очередь, молодых особей. Еще одним фактором, представляющим опасность для дельфинов, является шумовое воздействие, которое оказывают судовые двигатели и установки для добычи нефти. Они вызывают дезориентацию животных. Кроме того, дельфины могут получать телесные травмы при столкновении с лодками или запутываясь в рыболовных сетях. И, наконец, отлов дельфинов представляет немалую опасность как для отдельных особей, так и для популяций в целом. Таким образом, защита океанических дельфинов в их естественной среде обитания представляет собой важную экологическую проблему.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ГЕНОМНЫЕ ДАННЫЕ,
СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЕ О НАЛИЧИИ ФОТОРЕЦЕПЦИИ У
ГРЕБНЕВИКА *BEROE OVATA***

Ю. С. Баяндина, О. Н. Кулешова, О. В. Кривенко

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
sepulturka@mail.ru*

Гребневики – древнейший тип многоклеточных животных, в эволюции которых впервые могли быть реализованы общие для Metazoa предковые механизмы световосприятия (Schnitzler et al., 2012; Fleming et al., 2020). В литературе практически отсутствуют данные о восприятии света гребневики. Однако в аборальном органе взрослых особей разных видов обнаружены возможные органы фоторецепции (Horridge, 1964; Tamm, 2016; Jokura, Inaba, 2020). Ранее мы разработали методику лабораторных экспериментов для изучения возможных реакций на свет у гребневики *Mnemiopsis leidy* и впервые показали, что взрослые лобатные особи *M. leidy* реагируют на резкое изменение освещенности кратковременным увеличением скорости движения (Baiandina et al., 2022). В свою очередь, в геноме *M. leidy* идентифицированы 3 гена, которые кодируют белки семейства опсинов (Schnitzler et al., 2012), 2 из них с высокой степенью достоверности можно отнести к группе цилиарных опсинов (Macias-Muñoz et al., 2019; Fleming et al., 2020).

В данной работе мы представляем результаты изучения реакции на действие света высокой интенсивности в условиях лабораторного эксперимента другого вида лобатных гребневики – *Beroe ovata*. С целью идентификации генов опсинов у гребневики семейства Beroidea проведен анализ доступных полногеномных и транскриптомных данных.

Взрослых особей *B. ovata* отлавливали у побережья г. Севастополя в июне – августе 2021 г. Животных помещали в аквариумы и с помощью видеокамеры регистрировали их поведенческие реакции на освещение разных частей их тела (аборального органа, ктен и лопастей) бытовыми лазерами фиолетового, зеленого и красного спектров. Обработку и анализ полученных видеороликов проводили с использованием видеоредактора Davinci Resolve, программы анализа изображений ImageJ с подключенным плагином wrMTrack_Batch plug-in и собственной программы анализа данных StenophoraTrack.

Поиск последовательностей белков, которые могут иметь отношение к фоторецепции, выполнен на основе анализа транскриптомов четырех видов Beroidea в базе NCBI. Это *B. forskalii* /USA, South Carolina/ (SRA: SRR6074515); *B. ovata* /USA, South Carolina/ (SRR6074516), *Beroe* sp. *UF-2017* /Australia, Moreton Bay, Queensland/ (SRR5892577) и *Beroe* sp.

UF-2017 / Antarctica, Weddell Sea / (SRR5892576). Кроме того, использованы собственные данные по *B. ovata* /Russia, Sevastopol. Предподготовка данных, сборка транскриптомов *de novo*, предсказание аминокислотных последовательностей, автоматическая аннотация проведены с использованием программ fastP v0.23.2, Trinity v2.13.2, TransDecoder v5.5.0, BLAST v.2.12.0 и HMMER 3.2.1. Для аннотации использованы базы данных SwisProt (17.11.2021) и Pfam-A (15.11.2021), а также база данных Opsin, сформированная на основе SwisProt и TrEMBL.

Впервые получены данные, однозначно свидетельствующие о выраженной ответной реакции гребневиков *B. ovata* на световое излучение фиолетового спектра высокой интенсивности при точечном воздействии на аборальный орган. Другие части тела гребневика оказались нечувствительны к действию лазера в указанной части спектра. При воздействии на аборальный орган и другие части тела берое лазерами красного и зеленого света, четко выраженных реакций не обнаружено. В геноме *B. ovata* идентифицированы 3 нуклеотидные последовательности, которые с высокой степенью гомологии соответствуют генам белков семейства опсинов, идентифицированных в транскриптомах других видов гребневиков. Наилучшие показатели гомологии соответствовали опсину 1, опсину 2 и опсину 3 гребневиков *M. leidy* и *Pleurobrachia bachei* (идентичность более 65%, при охвате $\geq 90\%$).

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСАТОК

И. Ф. Белокобыльский

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Москва
iwan09101985@mail.ru*

Косатка *Orcinus orca* как вид описана Карлом Линнеем в 1758 г. Но ещё задолго до него косаток видели и отмечали все, кто жил по берегам морей и океанов. Это обусловлено космополитичностью косаток, населяющих все эти водоёмы, за исключением четырёх морей: Азовского, Восточно-Сибирского, Лаптевых и Чёрного. В те далёкие времена изучение косаток строилось исключительно на наблюдении за ними с берега или судов. Изучением общей численности, морфологии и питания косаток учёные обязаны китобойному промыслу, активно проходившему в середине XX века. Первые систематические исследования экологии косаток начались в Британской Колумбии в 1970-х годах, когда канадский ученый Майкл Эндрю Бигг разработал метод индивидуальной идентификации по фотографиям.

Первые удачные попытки отлова косаток для дельфинария в Северной Америке были предприняты в 1960-х годах. Но уже в начале 70-х годов введены законы о запрете отлова косаток в США. Отлов для океанариумов всего мира, в том числе США, переместился в Исландию, где продолжался с 70-х по 80-е годы. С первых отловов началось исследование тех параметров косаток, которые в дикой природе изучить невозможно. В том числе – изучение ветеринарных аспектов. В эти же годы косатки начинают давать потомство в неволе, поэтому отлов косаток перестаёт быть насущно необходимым. В начале 2000-х годов родилась первая косатка, зачатая искусственным путём.

В 2003 г. косатку впервые удачно отлавливают на территории России и перевозят из Авачинского залива (Камчатка) на черноморское побережье, однако долго в неволе она не прожила. Спустя почти 10 лет на Дальнем Востоке России отлавливают косатку, которая и по сей день выступает в океанариуме в Москве. Масштабные исследования косаток российскими специалистами начинаются с 2012 г. В 2018–2019 гг. проведён уникальный эксперимент по отлову десяти молодых косаток в Охотском море и последующему круглогодичному содержанию их в морском сетевом вольере в Японском море (б. Средняя), завершившийся выпуском животных в месте отлова под давлением общественности. На сегодняшний день уже опубликованы данные по питанию и ростовым характеристикам упомянутых зверей и готовятся к публикации материалы по изучению их гематологии и эндокринологии.

**РЕВИЗИЯ РОДА *SCHIZYMENIA* (NEMASTOMATALES,
RHODOPHYTA) В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ****О. С. Белоус, С. Ю. Шибнева, А. В. Скрипцова**

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

ДВО РАН, г. Владивосток

ksu_bio@mail.ru

Род *Schizymania* J. Agardh 1851 – один из пяти родов семейства Schizymaniaceae порядка Nemastomatales. В настоящее время таксономически принято 11 видов, из которых только 5 не вызывают сомнения. Этот род широко распространен в мире, встречается в субполярных и умеренных водах, в субтропической и тропической зонах от субантарктических островов до Аляски. В северо-западной Пацифике в настоящее время зарегистрировано 3 вида рода *Schizymania*: *S. pacifica* (Kylin) Kylin, *S. dubyi* (Chauvin ex Duby) J. Agardh и *S. apoda* J. (Agardh) J. Agardh. В дальневосточных морях России до 90-х гг. указывались два вида рода: *S. dubyi* или его форма *S. dubyi* var. *palmata* Yamada и *S. pacifica*. После выхода в 1994 г. публикации российского альголога Л.П. Перестенко “Красные водоросли дальневосточных морей России” считается, что в морях Дальнего Востока России произрастает только *S. pacifica*, распространенный от Японского моря до Командорских о-вов.

Мы провели ревизию рода *Schizymania* в российских водах северо-западной Пацифики, чтобы оценить его видовое разнообразие и распространение. Идентификация видов в роде является сложной задачей из-за малого количества диагностических признаков, поэтому был использован комплексный подход, включающий молекулярные и морфологические методы. Были проанализированы образцы рода *Schizymania* с побережья среднего и южного Приморья, Курильских о-вов, восточной Камчатки и Командорских о-вов. На основании молекулярно-морфологического анализа рода *Schizymania* из дальневосточных морей России обнаружены два вида: *S. palmata* (Yamada) Belous, Skriptsova & Shibneva stat. nov. и новый вид *S. tamarae*.

S. tamarae sp. nov. встречается только в Японском море от зал. Ольги на севере до зал. Петра Великого на юге, а также в Японии (Отару, о-в Хоккайдо). Вид *S. palmata* stat. nov. распространен вдоль Курильских о-вов, восточной Камчатки и Командорских о-вов. Этот вид недавно был описан из Атлантики как *S. jonssonii* K. Gunnarsson & J. Brodie 2020. Очевидно, что ранее *S. jonssonii* был известен в Тихом океане как *S. dubyi* var. *palmata*, впервые отмеченный на Курильских о-вах японскими исследователями Ямадой (Yamada) в 1935 г. и затем Нагаи (Nagai) в 1940 г. В 2016 г. группа камчатских альгологов синонимизировала *S. dubyi* var. *palmata* с *Neoabbottiella valentinae* Pisareva & Klochkova на основании

морфологического и анатомического сходства типовых экземпляров. Однако проведенные нами генетические и морфологические исследования голотипа *N. valentinae* (LE A0000658) подтвердили, что этот вид конспецифичен нашим экземплярам. Необходимо рассматривать *N. valentinae* и *S. jonssonii* как синонимы *S. palmata*, поскольку *S. dubyi* var. *palmata* имеет номенклатурный приоритет.

Мы также проанализировали образцы, хранящиеся в Гербарии Ботанического института им. Комарова (г. Санкт-Петербург) и в музее Национального научного центра морской биологии ДВО РАН (г. Владивосток), и установили, что ни один из экземпляров, определенных как *S. pacifica*, не может быть отнесен к этому виду, поэтому вопрос о распространении *S. pacifica* в северо-западной Пацифике остается открытым и для его выяснения необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, результаты нашего исследования расширили представление о видовом разнообразии рода *Schizymenia*. Четыре вида этого рода встречаются в северо-западной части Тихого океана: *S. dubyi*, *S. apoda*, *S. palmata* stat. nov. и *S. tamarae* sp. nov. Вдоль российского побережья произрастает только 2 вида: *S. palmata* и *S. tamarae*.

ИЗ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ПТИЦ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

А. В. Белоусова¹, Э. А. Рустамов²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды (ВНИИ Экология), г. Москва;

*²Мензбировское орнитологическое общество, г. Москва
anbelous@mail.ru, elldaru@mail.ru*

История изучения каспийского региона натуралистами начинается с XVIII в. До этого времени основное внимание уделялось рыбному и тюленьему промыслам, о птицах и других представителях фауны сведений было очень мало. Основываясь на анализе более чем 500 библиографических источников и деятельности 96 исследователей, всю историю изучения водоплавающих птиц Каспия можно разделить на пять периодов: 1-ый – с начала 1760-х до 1870-х гг.; 2-ой – с начала 1880-х до конца 1910-х гг.; 3-ий – с начала 1920-х до конца 1930-х гг.; 4-ый – с начала 1940-х и до конца 1980-х гг. и 5-ый – с начала 1990-х до начала 2020-х гг.

Первый период. На фоне продолжающихся военно-топографических, общих географических и гидрографических экспедиций, связанных с дипломатическими миссиями, проводились натуралистические исследования Каспия, в том числе и Российской академией наук. Академики С. Г. Гмелин (1745–1774) и П. С. Паллас (1741–1811) оказались первыми исследователями фауны Каспийского моря. Основными достижениями Г. С. Карелина (1801–1872) считаются 3-х томное сочинение “Путешествия по Туркмении и северо-западным границам Персии” и “Путешествие Г. С. Карелина по Каспийскому морю” (Карелин, 1883). Второе произведение дает широкое географическое описание, включает шесть карт и представляет интерес для фаунистического сравнения как реперная точка начала изучения динамики животного мира прикаспийских местностей вплоть до настоящего времени. Создание в 1845 г. Императорского русского географического общества (ИРГО) позволило упорядочить исследования, поскольку была разработана программа по сбору научных материалов экспедициями.

Второй период. Это период активной экономической экспансии в регионе. Нефтяной бум на Апшероне, возникновение многочисленных концессий и строительство Транскавказской и Закаспийской железных дорог позволили расширить и углубить изыскания научных экспедиций. На западном каспийском побережье и в долинах Куры и Терека с 1893 г. работали экспедиции К. А. Сатунина (1863–1915), который обобщил обширный материал по распространению, характеру пребывания и жизни

311 видов (Сатунин, 1907, 1911, 1912). Исследователи Н. А. Зарудный (1869–1919), Г. И. Радде (1831–1903) и Г. В. Лоудон (1876–1959) в разное время совершали плавания по морю, направляясь в Закаспийский край. Результаты их орнитологических сборов нашли отражение в публикациях (Sarudny, 1890, 1891; Зарудный, 1892, 1896; Radde und Walter, 1889; Loudon, 1902–1903, 1909–1910).

Третий период ознаменовался увеличением числа научных экспедиций по изучению фауны позвоночных прибрежных частей моря. Проводимые исследования направлены на удовлетворение возрастающих запросов хозяйства (рыбное, охотничье, заповедное дело и т.п.). При Академии наук СССР в 1933 г. создана специальная Каспийская комиссия, привлекавшая специалистов разных научных учреждений и ведомств. Знаковым событием в орнитологических исследованиях на Каспии становится организация в СССР природных заповедников – Астраханского (1918 г.), Кызылагачского (1929 г.) и Гасанкулийского (1932 г., с 1968 г. – Красноводский, а с 1994 г. – Хазарский). Рост числа ВУЗов в Советском Союзе привел к увеличению числа специалистов. Создавались орнитологические отделы в национальных Академиях наук, региональные орнитологические станции, например, Астраханская (1968–1995 гг.). Основными направлениями исследований стали экология, динамика численности, размещение водоплавающих и околоводных птиц в условиях нестабильного уровня моря на фоне растущей антропогенной нагрузки; оценка ресурсных видов; изучение динамики водно-болотных угодий и обобщение многолетних данных.

Четвертый период. Организованы еще 3 заповедные территории: Аграханский заповедник (1983 г.) и Самурский заказник (1982 г.) в границах Дагестанского заповедника, а в соседнем Иране – национальный парк Мианкале (1976 г.). Этот период оказался самым насыщенным по числу работ, относящихся к водоплавающим птицам. Особо выделяются работы в заповедниках: в Астраханском – В. А. Хлебникова (1857–1934), В. В. Виноградова (1909–1982), Ю. А. Исакова (1912–1988), Г. А. Кривоносова (1938–2001), Г. М. Русанова и др.; в Гасанкулийском – Ю. А. Исакова и др.; в Красноводском – В. И. Васильева (1938–2004), А. А. Караваева и др.; в Кызылагачском – В. В. Виноградова, Н. И. Морозкина и др.; в Дагестанском – Ю. А. Исакова, А. В. Михеева (1907–1999), В. И. Орлова, Ю. В. Пишванова и др. Важным направлением исследований в заповедниках было изучение зимовок водоплавающих птиц, при котором проводились наземные и авиаучёты на Северном Каспии, в Дагестане, в Кызыл-Агачском заповеднике и на Восточном Каспии. В пределах иранского побережья зимовки птиц изучались в 1950–1952 гг. на территориях областей Торкмен и Бендер-Гез в провинции Голестан, и области Бехшехр в провинции Мазендеран (Misonne, 1953; Schüz, 1959; Diesselhorst, 1962).

В эти годы заключены международные конвенции по охране перелётных птиц и водно-болотных угодий, а также по регулированию торговли объектами фауны; издавались Красные книги.

Пятый период. В результате геополитических событий на постсоветском пространстве определилось дальнейшее развитие науки, в частности, и зоологической региональной. При изучении зимовок большое внимание продолжали уделять выяснению видового состава и численности птиц, факторов, определяющих состояние зимовок. Исследования миграций водоплавающих птиц были направлены на выявление интенсивности пролетного пути, видового и количественного состава мигрантов.

В 2016–2020 гг. учёты на зимовках проводили ежегодно на всех участках морского побережья Туркменистана (Э. А. Рустамов, А. А. Щербина и др.), Казахстана (В. А. Ковшарь с коллегами), Астраханской области (Н. О. Мещерякова, М. Н. Перковский и др.), Дагестана (С. А. Букреев, Е. В. Вилков, Г. С. Джамирзоев, А. В. Белоусова и др.), Азербайджана (Э. Г. Султанов с коллегами) и Ирана (Amini, Willems, 2008). Были проведены 255 среднезимних учётов, в том числе 26 с вертолётa в казахстанском секторе Каспия, в российском секторе 10 учётов с использованием катеров и 3 – квадрокоптеров, остальные – пешие с берега.

Финансирование работ по мониторингу водно-болотных птиц Северного Каспия обеспечивалось при содействии компаний “ЛУКОЙЛ-Астраханьморнефть”, “ЛУКОЙЛ-Нижевожскнефть”, “Петро-Ресурс”, Каспийского нефтяного консорциума “Бритиш-Петролеум” и Каспийской нефтяной компании, а также немецкого природоохранного фонда EECONET. В южной части моря орнитологические исследования проводились в рамках Каспийской экологической программы (КЭП/СЕР), Глобального экологического фонда (ГЭФ/GEF), ПРООН/UNDP. Отдельные проекты велись со стороны ЮНЕП/UNEP, МСОП/IUCN, Wetlands International, BirdLife International/RSPB.

Несмотря на накопленные объёмы исследований мы всё ещё не имеем цельного представления о процессах зимовки водоплавающих птиц с охватом всего Каспия. Практически не раскрыты проблемы многолетней динамики их численности и факторы её обуславливающие. Без таких данных невозможно составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы и планировать устойчивое сохранение ресурсов водно-болотных птиц и разрабатывать национальные планы биотехнических мероприятий и управления этими ресурсами.

АНАЛИЗ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МАКРОФИТОБЕНТОСА СУБЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ

Н. С. Березенко

*Государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова,
г. Новороссийск
n-berezenko6753@rambler.ru*

Макрофиты верхней сублиторали раньше, чем глубоководные, реагируют на любые изменения среды обитания, в том числе на изменяющийся уровень техногенной нагрузки на водоём. Усиление негативного воздействия немедленно отражается на обилии, распределении и видовом составе водорослей.

Несмотря на достаточно высокую степень изученности макрофитобентоса Новороссийской бухты, систематические исследования в мелководной прибрежной зоне, наиболее подверженной гидродинамике и негативному влиянию источников загрязнения, расположенных на суше, не проводились. В связи с этим, целью данной работы стало обобщение результатов многолетних наблюдений (1997–2020 гг.) за состоянием макрофитобентоса в зоне верхней сублиторали (на глубинах до 1 м) и оценка его изменения за последние десятилетия.

За период исследований на многих участках прибрежной зоны существенно изменились условия обитания донных растительных сообществ. Так, в 2015 г. в урезовой зоне западного берега бухты выполнено укрепление основания бетонной стенки набережной крупнообломочным скальным грунтом, отсыпаны новые гравийно-галечные пляжи, построены волноломы. Восточный берег на участке от восточного мола до нефтегавани ПНБ “Шесхарис” сегодня полностью занят гидротехническими сооружениями (причалы и перегрузочные комплексы порта). Далее до б. Кабардинская от уреза воды до глубины 0.5 м водоросли практически отсутствуют, что обусловлено подвижными галечными грунтами. Сообщества макрофитов отмечены только на участке размещения волногасящих сооружений у корня нефтеналивного причала № 1, на глубине до 1 м. Помимо этого, в исследуемый период существенно возросла техногенная нагрузка от портово-промышленного комплекса и увеличилось влияние рекреационной компоненты. Все это заметно повлияло на состояние морской среды, как места обитания водных биоресурсов в акватории Новороссийской бухты.

Выполненный анализ и обобщение результатов исследований показали, что донные растительные сообщества сублиторальной зоны Новороссийской бухты относятся к классу формаций сообщества

морских водорослей твердых грунтов – *Thalassophycion sclerochthonophytia* и включает группы формаций зеленых (*Chlorophyta*) и красных (*Rhodophyta*) морских водорослей. Господствующее положение в растительном покрове занимают сообщества зеленых водорослей рода *Ulva*. Летом 2020 г. на указанных глубинах зарегистрированы 4 ассоциации: *Ulva linza* (*Enteromorpha linza*) + *Polysiphonia opaca*; *U. intestinalis* (*E. intestinalis*); *Cystoseira barbata* – *U. rigida*, а также *U. intestinalis* (*E. intestinalis*) + *Ceramium rubrum* + *Callithamnion corymbosum*.

В составе альгофлоры побережья Новороссийской бухты массового развития достигают зеленые и красные водоросли *Cladophora laetevirens*, *C. albida*, *Ulva rigida*, *U. intestinalis* (*Enteromorpha intestinalis*), *Ceramium rubrum*, *Callithamnion corymbosum*, *Gelidium spinosum* (*G. latifolium*), *Polysiphonia pulvinata*. Из числа бурых преобладают *Dilophus fasciola* и *Padina pavonia*, последний вид в настоящее время встречается только на двух участках: у м. Мысхако и у м. Шесхарис.

У западного берега бухты от западного мола до горпляжа начиная с зоны заплеска до глубины 0.3–0.5 м распространены простые, однолетние фитоценозы ассоциации *Ulva linza* (*Enteromorpha linza*) + *Polysiphonia opaca*, со средним развитием растительного покрова, высотой не более 20 см. Помимо полисифонии субдоминантом может быть *C. corymbosum*. В ассоциации отмечено всего 5 видов зеленых и красных водорослей.

На участке берегоукрепления от м. Любви до Суджукской косы и в центральной части побережья пос. Мысхако на выходах скальных гряд на глубине 0.1–0.3 м располагаются фитоценозы ассоциации *U. intestinalis* с общим проективным покрытием до 60–100%, высотой 10–35 см. Доминирующее положение занимает *U. intestinalis*. Видовой состав ассоциации включает всего 6 видов, бурые водоросли отсутствуют.

На этих же глубинах в районе мысов Мысхако и Шесхарис располагается ассоциация *Cystoseira barbata* – *Ulva rigida*. Флористический состав отличается более высоким разнообразием и насчитывает 9 видов водорослей. Господствующее положение занимает доминант *C. barbata*. Массового развития достигают эпифитные синузиды видов *C. laetevirens*, *C. albida*, *U. flexuosa*, *C. rubrum* и *C. diaphanum*. Нижний ярус образует бурая водоросль *P. pavonia*.

Ассоциация *U. intestinalis* (*Enteromorpha intestinalis*) + *Ceramium rubrum* + *Callithamnion corymbosum* в конце 90-х годов XX в. располагалась вблизи западного и восточного молв бухты. В настоящее время отмечается только на небольших участках побережья с выходами скальных грунтов: с южной стороны яхтенной марины “Черноморская” (западный берег) и в начале Кабардинской бухты (восточный берег). Фитоценозы простые, однолетние, полидоминантные, развитие покрова

среднее. Ассоциация включает 9 видов зеленых и красных водорослей, относящихся к родам *Ulva*, *Cladophora*, *Gelidium*, *Ceramium*, *Polysiphonia* и *Laurencia*.

Анализ количественного соотношения видов по сапробному составу показал, что ядром альгофлоры сублиторальной зоны Новороссийской бухты по-прежнему являются мезосапробные виды. За сравниваемый период число олигосапробов изменилось на подверженных значительной нагрузке в летний рекреационный период участках в средней части Новороссийской бухты.

Таким образом, в течение последних немногим более двадцати лет видовое разнообразие водорослей сублиторальной зоны Новороссийской бухты претерпевало многолетние вариации разной степени и направленности. В период исследований в фитоценотической структуре макрофитобентоса на глубинах до 1 м выявлены простые, моно- и полидоминантные, мезосапробные фитоценозы водорослей. Общее количество видов водорослей в альгогруппировках изменилось незначительно, но произошли изменения их качественного состава и пространственного распределения. Особенности фитоценотической организации альгофлоры сублиторали определяются, главным образом, уровнем антропогенной нагрузки и изменениями конкретных гидродинамических условий на отдельных участках прибрежной зоны (донные грунты, прибойность, защищенность от волнения). Наблюдается уменьшение площади распространения мезосапробной ассоциации *U. intestinalis* (*Enteromorpha intestinalis*) + *Ceramium rubrum* + *Callithamnion corymbosum* и усложнение структуры фитоценозов в районе открытого побережья бухты (м. Мысхако).

АККУМУЛЯЦИЯ МЕТАЛЛОВ ПОЛИХЕТОЙ *MARENZELLERIA ARCTIA* И ИЗОПОДОЙ *SADURIA ENTOMON* КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МОРСКОЙ СРЕДЫ (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

Н. А. Березина¹, Н. Н. Камардин², А. Н. Шаров³

¹Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург;

²Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург,
nadezhda.berezina@zin.ru

Актуальным вопросом является оценка состояния морской среды и мониторинг ее загрязнения металлами. Для этого необходим поиск чувствительных биоиндикаторов и разработка биологических показателей, отражающих повышенный уровень и накопление металлов в среде. Известно, что разные группы организмов при накоплении тех или иных металлов могут проявлять разную биогеохимическую активность, что требует изучения процесса бионакопления веществ с учетом образа жизни вида и его положения в трофической сети. Финский залив расположен в северо-восточной части Балтийского моря и играет ключевую роль в формировании биоресурсов и качества природной среды всего бассейна моря. Цель настоящего исследования – сравнительный анализ уровней аккумуляции металлов массовыми донными животными Финского залива, полихетой *Marenzelleria arctia* и равноногим раком *Saduria entomon*. В июле 2021 г. обследованы 10 станций в восточной части залива с глубинами 20–52 м, где были отобраны пробы донных отложений и бентоса. Содержание металлов кадмия (Cd), цинка (Zn) и меди (Cu) в донных отложениях определено методом оптической эмиссионной спектрометрии, а валовые концентрации металлов в тканях тестируемых донных животных – методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции (BAF) и фактор трофического переноса (TTF), которые описывают возможности аккумуляции металлов в пищевой цепи. Общая загрязненность донных осадков и тканей животных металлами Cd, Cu и Zn была низкой на большинстве исследованных участков залива. Однако повышенное содержание этих металлов обнаружено в донных отложениях и тканях исследованных животных на одних и тех же станциях в районе Лужской губы и в глубоководной центральной части залива (зоне наибольшей аккумуляции веществ). В среднем концентрации в донных отложениях составили: Cd – 0.67 ± 0.1 , Cu – 34.4 ± 4 и Zn – 132.9 ± 11 мг/кг сырого веса. Для Cd величины фактора BAF в тканях садурий и полихет на отдельных станциях были более 1 (1.4–3.8). При этом обнаружена обратная зависимость величин фактора BAF от уровня содержания металлов в донных отложениях. Валовые количества металлов в тканях животных и индекс загрязнения их металлами для ракообразных были в среднем выше, чем полихет, например, среднее содержание наиболее токсичного Cd в теле изопод было от 1.5 до 9 раз выше по сравнению с полихетами (t-тест, $p < 0.05$).

Накопление металлов Cd и Zn (фактор BAF) на отдельных станциях, где полихеты и ракообразные обитали совместно, в тканях садурии было выше, чем в тканях полихет. Для Cu такая особенность не обнаружена. В случае Cd расчётный фактор TTF показывал биоусиление в 2–8 раз. Более высокое накопление металлов в тканях изопод *S. entomon* может быть результатом биомагнификации, поскольку этот вид способен к хищничеству и, возможно, потребляет полихет. Проведенное исследование показало, что уровень содержания металлов в тканях полихет *M. arctia* и изоподы *S. entomon*, обычных представителей макрозообентоса в Балтийском море, хорошо выявляют загрязнение металлами и адекватно отражает экологическую ситуацию в донных местообитаниях Финского залива. Эти показатели могут быть перспективными для дальнейшего развития и применения в целях биомониторинга морских акваторий. Однако, при определении пороговых значений хорошего статуса необходимо учитывать не только региональные фоновые значения показателей среды и биоты, но и видоспецифические особенности биогеохимической активности тестируемых видов. Важно проводить сравнительные определения у организмов, стоящих на разных уровнях трофической сети, с целью учета фактора переноса и трансформации этих веществ в морской экосистеме.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ КУЛЬТУРАБЕЛЬНЫХ ВИДОВ
МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ ПРИДОННЫХ ВОД МОРЯ
УЭДДЕЛЛА (ЮЖНЫЙ ОКЕАН, АТЛАНТИЧЕСКИЙ СЕКТОР
АНТАРКТИКИ)**

О. Г. Борzych, Л. В. Зверева

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

Проведено микологическое обследование придонных вод 5-ти районов моря Уэдделла Южный океан (Атлантический сектор Антарктики): пролив Брансфилда, пролив Антарктик, Бассейн Пауэлла, точка максимума хлорофилла и район южных Оркнейских островов. Образцы донной воды собраны с 22 станций в ходе рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” №87 декабрь 2021 – апрель 2022 гг.

Всего из донной морской воды выделено 34 изолята морских мицелиальных грибов, отнесенным к 5 штаммам: *Aspergillus* sp.1, *Aspergillus* sp.2, *Acremonium* sp. и 2 штамма *Micelia sterilia* (Табл. 1). Штаммы *Micelia sterilia* не образовывали таксономически значимых структур, но отличались по форме и цвету колонии.

Таблица 1. Таксономический состав выделенных мицелиальных грибов в придонных водах моря Уэдделла

Район	№ станции	Глубина отбора (м)	Виды грибов				
			<i>Aspergillus</i> sp.1	<i>Aspergillus</i> sp.2	<i>Acremonium</i> sp.	<i>Micelia sterilia</i> 1	<i>Micelia sterilia</i> 2
Пролив Брансфилда	7294	147	+	+	–	–	+
	7297	714	+	–	–	–	–
	7299	1767	–	–	–	+	–
	7305	746	+	+	+	–	–
	7308	185	+		–	–	–
	7310	741	+		–	–	–
	7314	605	+		–	–	–
	7316	1403	–		–	+	–
	7318	101	+	+	–	–	+
	7320	530	+		–	–	–
	7323	367	+	+	–	–	–
7325	189	–	+	–	–	–	
Пролив Антарктик	7332	997	–	–	–	–	–

Точка максимума хлорофилла	7336	286	-	-	-	-	-
Море Уэдделла	7343	431	+	-	-	-	-
	7348	3010	-	-	-	-	-
	7359	3241	-	-	-	-	-
	7364	3272	-	-	-	-	-
	7366	2647	-	-	-	-	-
Южные Оркнейские острова	7370	548	+	-	-	-	-
	7373	360	+	-	-	-	-
	7377	3497	-	-	-	-	-

Обнаружена зависимость встречаемости мицелиальных грибов от глубины и района исследования. Например, не выделено ни одного штамма с глубины более 1000 м. Также не было выделено грибов из проб, собранных в проливе Антарктик и точке максимума хлорофилла. Микобиота в данных условиях, по-видимому, является некультурабельной, и для установления более полного биологического разнообразия необходимо провести метагеномный анализ сохраненных образцов воды. Наличие стерильных штаммов также подтверждает плохую культурабельность грибов из обследованных районов.

ОЦЕНКА РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВЫЖИВАЕМОСТИ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА В ПРЕСНОВОДНОЙ ФАЗЕ РОСТА

**Д. С. Борисова, А. А. Пахлеванян, Л. А. Боцун, Т. А. Геворгян,
С. И. Масленников**

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

В последние годы интенсивно разрабатываются и внедряются новые объекты культивирования, к которым, в частности, относится японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica*. Он широко распространён в эстуарно-прибрежных системах Японии, Корейского полуострова, Гонконга, о-ва Тайвань, о-ва Сахалин и Приморья (Виноградов, 1950). В Приморском крае этот вид встречается от юга Хасанского до южной части Тернейского района (Барабанщиков, 2002). Японского мохнаторукого краба активно изучают и уже не первый год разводят в странах Юго-Восточной Азии (Kobayashi et al., 1997). В России культивирование этого перспективного вида находится на стадии разработки. В нашей стране существует немного публикаций по изучению и выращиванию этого вида краба в искусственных условиях (Корниенко и др., 2005; Соколов, 2008). Основной акцент в исследованиях направлен на биологию японского мохнаторукого краба в естественных условиях (Семенькова, 2009, Колпаков и др., 2012).

При оценке популяций важна размерно-весовая структура как показатель физиологического и репродуктивного состояния особей; при выращивании гидробионтов в контролируемых условиях плотность посадки оказывает большое влияние на выживаемость животных. Цель нашей работы – изучение особенностей содержания японского мохнаторукого краба в искусственных условиях, в частности, оценка выживаемости и темпов роста животных.

Мальки японского мохнаторукого краба, полученные на МБС “Запад”, в октябре 2020 г. в возрасте 2 мес. перевезены в аквариальную главную корпусу ННЦМБ ДВО РАН, ставшую площадкой для проведения эксперимента. Наблюдения велись с ноября 2021 г. по апрель 2022 г. На начало эксперимента возраст особей составлял 14 мес., вес в среднем 8.9 ± 1.4 г, ширина карапакса – 23.3 ± 1.3 мм. Считается, что на второй год жизни крабы становятся половозрелыми и достигают предпромысловых и промысловых размеров, что важно при культивировании, поэтому для данного исследования были выбраны особи именно такого возраста. Крабов содержали в пресной воде в прямоугольной ванне с песчано-галечным грунтом. Объем воды

составлял около 700 л, площадь дна – 5.66 м². Рацион особей состоял из замороженного филе минтая и живых мидий *Mytilus trossulus* и *Mytilus edulis*, в качестве растительного компонента пищи добавляли выращенную ряску *Lemna minor*. Суточный пищевой рацион составлял 10% от общей массы крабов.

Ежедневно производили промеры температуры воды. Средняя температура составила $15.66 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$, минимум – 12.5°C , максимум – 17.8°C . Ежемесячно у крабов определяли ширину карапакса и массу тела.

По данным, полученным ранее, в естественных условиях обитания средний размер крабов независимо от пола в возрасте 17 мес. составлял 28.9 мм, у животных в возрасте чуть более 2-х лет – 39.1 мм (Kobayashi, 2011). Наши наблюдения за ростовыми и весовыми показателями мохнаторуких крабов в искусственных условиях показали, что средняя ширина карапакса крабов к 18 месяцам независимо от пола составляла 28.4 ± 1.7 мм, а вес – 12.8 ± 1.8 г. Минимальный вес краба составил 0.2 г, а максимальный – 43.9 г, наименьшая ширина карапакса – 7.0 мм, а наибольшая – 44.9 мм.

Для анализа размерно-весовой структуры полученные значения веса и ширины карапакса разделены на 3 весовые (I – особи весом менее 10 г, II – от 10 до 30 г и III – более 30 г) и 3 размерные группы (I – особи с шириной карапакса менее 10 мм, II – от 10 до 30 мм и III – более 30 мм). Динамика веса крабов, как и динамика размера, показали четкое снижение доли мелких особей на фоне менее выраженного увеличения числа более крупных особей. Стоит отметить, что рост крабов происходил неравномерно. Так, среди животных, достигших возраста 18 мес., отмечены как небольшие особи весом менее 10 г, так и крупные, вес некоторых достигал 41.7 г.

За время наблюдений прирост веса мохнаторуких крабов составил 3.71 г, за месяц масса тела увеличивалась в среднем на 0.93 ± 0.3 г. Ширина карапакса за это же время стала больше на 4.76 мм, увеличиваясь в среднем за один месяц на 1.19 ± 0.39 мм. На фоне увеличения фотопериода, наибольший прирост веса и ширины отмечен в период с января по февраль и составил 19% и 7.5% соответственно.

Небольшой прирост в размерах связан с рассинхронизацией линек особей, а также со смертностью крабов, которая к апрелю составила 42.8%.

Проведена оценка выживаемости японского мохнаторукого краба. За все время наблюдений динамика выживаемости имела тенденцию к плавному снижению до 57.2%. Наибольшая смертность отмечена в период с февраля по апрель, вероятно, это связано с тем, что у большинства крабов в этот промежуток времени происходит интенсивный рост в результате линьки, а в этот период животные наиболее уязвимы.

На рост и развитие мохнаторуких крабов влияет не только возраст особей, но и их биомасса и плотность на занимаемой площади, поскольку возрастает конкуренция за место и пищу. Согласно нашим расчетам, к возрасту 14 мес. биомасса крабов составляла 69.1 г/м², плотность – 7.6 экз./м², а в возрасте 18 мес. – 52 г/м² и 4.1 экз./м² соответственно. Эти результаты позволят нам накопить данные для дальнейших исследований по оценке выживаемости и роста крабов в искусственных и естественных условиях.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 21-74-30004 "Разработка современных подходов к созданию технологий устойчивого культивирования и воспроизводства ценных морских гидробионтов" (руководитель И.Ю. Долматов).

**МАССОВОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ КУЛЬТУРЫ
МИКРОВОДОРОСЛИ *THALASSIOSIRA NORDENSKIOELDII*
(CLEVE, 1873) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.**

Л. А. Боцун, С. И. Масленников, Т. А. Геворгян, А. А. Пахлеванян
Национальный научный центр морской биологии им А. В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
3615-x@mail.ru

Микроводоросли – перспективное сырье, которое используется в промышленности, сельском хозяйстве и медицине, а также как стартовый корм при выращивании беспозвоночных и рыб. Клетки микроводорослей содержат легкодоступные белки, углеводы, микроэлементы и витамины. Добавленные в среду обитания культивируемых гидробионтов микроводоросли поглощают их метаболиты и выделяют кислород. Кроме того, культуры микроводорослей обладают пробиотическим, антимикробным и фунгицидным эффектами.

Большинство промышленных культур микроводорослей выращиваются при температуре около 20°C, что накладывает ограничения на использование их в качестве корма для низкотемпературных видов. Цель исследования – отработка методики выращивания холодноводной культуры микроводоросли *Thalassiosira nordenskioldii* в лабораторных условиях.

В феврале 2020 г. из пробы морской подледной воды, взятой в зал. Восток, выделили микроводоросль *T. nordenskioldii*, которую затем поместили в питательную среду *f/2* и содержали в Морском биобанке ННЦМБ ДВО РАН (<http://marbank.dvo.ru>). Через 10 дней получили культуру в объеме 5 мл, которую перенесли для дальнейшего выращивания на участок микроводорослей в аквариальной ННЦМБ ДВО РАН. Зрелость культуры оценивали визуально по приобретению темно-бурого цвета.

Через 9 сут, зрелую культуру, достигшую объема 250 мл в колбе Эрленмейера, перевезли на МБС “Запад”, где маточную культуру поместили в 2 колбы по 250 мл, долив необходимый объем среды *f/2*. Культуру микроводорослей содержали в холодильной витрине при средней температуре 4°C, свето-темновом режиме 12/12 и освещенности 4000 Лк. В витрине за 5 сут в отдельной ёмкости объем культуры нарастили до 4 л. Маточную культуру и культуру в 4-литровой емкости пересеивали 1 раз в две недели.

Культуру в витрине поддерживали до октября. В октябре начали наращивать объем культивирования до 15 л в течение 7 сут. В конце октября были подготовлены два 100-литровых фотобиореактора в помещении, где температура составляла в среднем 5°C. В первый

фотобиореактор поместили 15 л зрелой культуры из холодильной витрины, добавили 35 л питательной среды *f/2*. Через 5 сут переселили микроводоросли во второй реактор, используя 25 л культуры и питательную среду *f/2* по 25 л в обе емкости. Через 4 сут добавили по 50 л среды *f/2*. Выращивание в реакторах происходило при средней температуре 4°C, свето-темновом режиме 12/12, освещенности 4000 Лк и принудительном перемешивании. Во время наращивания из 100-литровых емкостей брали пробы по 50 мл в течение 12 сут для учета численности клеток, которые фиксировали раствором Утермеля. Плотность зрелой культуры составила около 76 К кл/мл.

Через 6 сут приступили к использованию емкости объемом 500 л. Из 100-литровых реакторов взяли по 50 л зрелой культуры и добавили 400 л питательной среды *f/2*; в реакторы долили по 50 л. Зрелость культуры в 500-литровой емкости отмечена через 6 сут. Итого весь цикл выращивания от маточной культуры до 700 л при температуре 4–5°C занял 33 сут. В результате работы показана технологическая возможность получения интенсивной лабораторной культуры *T. nordenskioldii* при 4–5°C, что позволяет использовать ее в низкотемпературных экспериментах с личинками беспозвоночных и рыб.

Выражаем благодарность Нине Александровне Айздайчер за помощь в выделении и содержании стартовой культуры микроводоросли *T. nordenskioldii*.

Финансирование работы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-74-30004).

ФИЛОГЕНИЯ АСТИНИАРИА (CNIDARIA: ANTHOZOA): ПОДХОДЫ И СЛОЖНОСТИ

Е. С. Бочарова

Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова РАН,

г. Москва

bocharova.ekaterina@gmail.com

Отряд Actiniaria (Актинии) – это группа одиночных коралловых полипов, не имеющих скелета и обладающих сравнительно небольшим количеством определительных признаков. Представители Actiniaria являются важным компонентом разных типов сообществ и населяют Мировой океан от приливно-отливной зоны до глубоководных желобов. Однако в систематике и филогении этого отряда остается достаточно много путаницы, что связано как ошибочным определением видов, так и с некорректно выделяемыми разными систематиками признаками и молекулярно-генетическими маркерами для построения системы. Таксономия и описания видов, оставленные О. Карлгреном (Carlgren, 1949) и другими известными исследователями прошлого столетия, нуждаются в корректировках и пересмотре. В настоящий момент систематика актиний строится не только на морфо-анатомических признаках и особенностях биологии, но и на данных, полученных с помощью современных молекулярно-генетических и геномных методов. Последовательность митохондриального гена COI, применяемая в баркондинге (штрихкодировании) различных видов, практически не используется для построения филогении актиний из-за того, что у многих видов не удается ее получить стандартным методом секвенирования по Сэнгеру. Митохондриальная ДНК у Cnidaria эволюционирует крайне медленно (Shearer et al., 2002), поэтому последовательности митохондриальных генов, в частности, COI, являются мало информативными для реконструкции филогенетических связей. В течение последнего десятилетия эталонным для построения филогенетических деревьев актиний являлось объединение трех фрагментов митохондриальных генов (12S рРНК, 16S рРНК и цитохром оксидаза III) и двух ядерных (18S и 28S рРНК) (Daly et al., 2010; Rodríguez et al., 2014). Однако разрешить сложные систематические вопросы, например, внутри рода *Metridium*, этот подход не позволил. Еще одна сложность методов филогенетики в том, что разные алгоритмы могут выдавать филогенетические деревья с разной топологией, но в наших данных (Sanatyan et al., 2021) на основе последовательностей пяти указанных выше генов, топология и расположение основных клад актиний не отличались при применении как Баесовского анализа, так и при использовании метода максимального правдоподобия (Maximum

Likelihood). С появлением методов секвенирования нового поколения (NGS) некоторые исследователи стали использовать митогеномы нескольких видов актиний для реконструкции филогении, в результате чего удалось определить положение *Relicanthus daphneae* в одной кладе с другими Actiniaria (Xiao et al., 2019), хотя ранее этот вид имел неясное систематическое положение из-за морфологических особенностей и расположения на филогенетическом дереве (Rodriguez et al., 2012, 2014), построенном по объединенным трем митохондриальным и двум ядерным последовательностям. Секвенирование и сборка митогеномов и геномов – трудоемкие процессы, требующие финансовых и временных вложений, поэтому для более масштабных исследований видов актиний ученые использовали сначала фрагментный анализ (например, AFLP, ISSR), который лучше подходит для популяционной генетики, а затем стали реконструировать филогенетические связи на основе однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), полученных в результате RAD-секвенирования. Этот подход основан на том, что секвенируются только фрагменты ДНК, прилегающие к сайтам рестрикции, и, хотя не происходит покрытие всего генома, подавляющее большинство локусов перекрывается для всех образцов, и удастся получить десятки тысяч SNP маркеров. Метод RAD-секвенирования имеет ряд существенных ограничений, не позволяющих ему заменить все существующие подходы в филогенетике, и он также широко применим для популяционных исследований. Новейший метод NGS — секвенирование на основе захвата последовательностей (bait capture sequencing) — позволяет получить не только однонуклеотидные маркеры только в кодируемых участках генов, но и все определенные последовательности генов (по сути, экзом) у каждого образца за один цикл секвенирования. В отличие от RAD-секвенирования, этот подход четко разделяет таксономические группы актиний и даже географические регионы их обитания (например, у рода *Metridium*), протоколы легко повторяемы, а требования к качеству ДНК не такие жесткие, что позволяет использовать даже старые спиртовые экземпляры из музейных коллекций (Glon et al., 2021). Таким образом, в совокупности с классическими подходами в изучении актиний (состав книдома, внешнее и внутреннее строение тела, питание, размножение и др.) развитие методов NGS открывает широкие перспективы в установлении новой системы Actiniaria, реконструкции филогенетического родства и изучении эволюции данной группы низших многоклеточных.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИИ РАКОВИН,
СПЕРМАТОГЕНЕЗА И МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНА COXI
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ И ЕВРОПЕЙСКОЙ ФОРМ
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *RUDITAPES PHILIPPINARUM*
(BIVALVIA, VENERIDAE)**

**Е. Е. Вехова, Ю. А. Реунова, Я. Н. Александрова, А. В. Ахмадиева,
Е. А. Пименова, А. А. Реунов**

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

Японский петушок *Ruditapes philippinarum* (A. Adams et Reeve, 1850) – один из наиболее экономически важных морских двустворчатых моллюсков в мире. В настоящее время на его долю приходится 20–25% мирового промысла. В российских водах этот вид распространен в Японском море, у южных, юго-восточных берегов о-ва Сахалин и у южных Курильских о-вов, где он обитает преимущественно в защищенных от прибоя прибрежных участках на песчаных и илисто-песчаных грунтах, иногда с примесью гравия и гальки, на глубинах от 0.5–15 м, образуя основные промысловые скопления на глубинах 1–5 м. Хорошо известно, что в 30-х годах прошлого столетия этот вид был интродуцирован из Японии на тихоокеанское побережье Северной Америки и по всему миру.

Цель работы – найти надежные критерии для определения географической принадлежности экземпляров *R. philippinarum*. Для этого предложено сравнить нуклеотидную последовательность гена COXI у *R. philippinarum* из Адриатического и Японского морей и сопоставить полученные данные с уже имеющимися для других популяций этого вида; сравнить форму и окраску раковины у *R. philippinarum* из разных районов; провести сравнительный анализ развития сперматогенных клеток, а также строения сперматозоидов и количественного соотношения каждого морфотипа сперматозоидов у *R. philippinarum* из Адриатического и Японского морей.

Материалом для исследования послужили половозрелые самцы *R. philippinarum* из Адриатического моря (44°49'с.ш., 12°18'в.д.), купленные в 2019 г. на рынке в г. Болонья (Италия). В Японском море половозрелые самцы *R. philippinarum* собраны в мае-июле 2019–2020 г. с помощью водолазной службы ННЦМБ ДВО РАН в зал. Восток (42°54'13.1"с.ш., 132°43'35.7" в.д., точка 1) и в Амурском заливе (43°12'03.3"с.ш., 131°55'13.2"в.д. и 43°11'53.6"с.ш., 131°55'09.7"в.д., точка 2 и точка 3 соответственно). Всего исследовано по 30 особей в каждой точке сбора материала. COXI ДНК-баркодинг проведен в канадском

центре ДНК-баркодирования (Университет Гуэлф, Онтарио, Канада). У *R. philippinarum* фотографировали раковины, фиксировали мелкие (1–2 мм²) кусочки зрелых гонад в 2.5% растворе глютаральдегида, приготовленном на 0.1 М какодилатном буфере (pH 7.4) для исследования ранних сперматогенных клеток и сперматогенеза методом ТЭМ и морфологии сперматозоидов методом СЭМ. Всего у моллюсков из Адриатического и Японского морей проанализировали 3000 сперматозоидов. Морфотипы сперматозоидов идентифицировали с помощью СЭМ. У каждой особи рассчитывали частоту встречаемости каждого морфотипа в программе Microsoft Excel с использованием t-критерия Стьюдента, при уровне значимости $p < 0.05$. Полученные данные выражены как среднее арифметическое значение и стандартная ошибка.

Сравнительный анализ митохондриального гена COXI показал генетическую стабильность *R. philippinarum* в разных районах распространения этого вида.

Географические формы *R. philippinarum* из Адриатического и Японского морей отличались формой и окраской раковины. У *R. philippinarum* из Адриатического моря более округлая форма раковины с макушками, расположенными ближе к центру, раковина имеет желтый фон с радиальными бледными или более яркими коричневыми полосами. У моллюсков этого вида, обитающих в Японском море, форма раковины овальная, макушки имеют латеральное расположение. Водолазный метод исследования показал, что у *R. philippinarum* из Японского моря окраска раковины зависит от характерного цвета грунта. Моллюски, собранные в точке 1, где много ила, имеют серый цвет раковины; в точке 2, где много песка с примесью гальки, раковины моллюсков цвета охры без рисунка. У особей *R. philippinarum*, собранных в точке 3 с галечным дном, раковина кремового цвета без рисунка.

У *R. philippinarum* в цитоплазме сперматогониев и сперматоцитов находятся гранулы зародышевой плазмы – герминальные гранулы. В сперматогониях *R. philippinarum* из Японского моря герминальные гранулы контактируют с митохондриями, образуя митохондриальные кластеры. В сперматогониях моллюсков из Адриатического моря герминальные гранулы никогда не контактируют с митохондриями.

Во время позднего спермиогенеза для *R. philippinarum* отмечены три паттерна образования акросом. Первый паттерн характеризуется образованием морфотипов сперматозоидов с прямой или слегка изогнутой акросомой; второй – сильным изгибом акросомы во время ее удлинения; третий – свертыванием акросомы в начале ее удлинения и образованием морфотипа сперматозоидов, имеющих изгиб в средней части. Для *R. philippinarum* из Адриатического моря характерно образование сперматозоидов с прямым и искривленным ядром, тогда как

у особей этого вида из Японского моря ядра сперматозоидов только изогнутые.

Обе географические формы *R. philippinarum* характеризуются гетероморфным набором сперматозоидов. У *R. philippinarum* из Адриатического моря обнаружено 5 морфотипов сперматозоидов: морфотип с прямым ядром и прямой акросомой (1); морфотип с прямым ядром и изогнутой акросомой (2); морфотип с прямым ядром и волнистой акросомой (3); морфотип с изогнутым ядром и слегка изогнутой акросомой (4); морфотип с изогнутым ядром и сильно изогнутой акросомой (5). У *R. philippinarum* из Японского моря кроме 4 и 5 морфотипов обнаружен 6 морфотип с изогнутым ядром и волнистой акросомой.

Количественный анализ показал, что у *R. philippinarum* из Адриатического моря доля каждого морфотипа в популяции сперматозоидов составляет 12, 22, 17, 40 и 9% соответственно. Для *R. philippinarum* из Японского моря это количественное соотношение составляет: 20, 14 и 66%, которым соответствуют морфотип 4, морфотип 5 и морфотип 6.

В основе внутривидового гетероморфизма сперматозоидов у *R. philippinarum* из Адриатического и Японского морей лежат эпигенетические механизмы.

КОЛЛЕКЦИИ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЗООЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ УЧЕБНО-НАУЧНОГО МУЗЕЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

И. Е. Волвенко¹, К. А. Лутаенко², Т. В. Чернова³

¹*Государственный объединённый музей-заповедник истории Дальнего Востока им. В.К. Арсеньева, г. Владивосток;*

²*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток;*

³*Зоологический музей Учебно-научного музея Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток
volvenko@gmail.com, lutaenko@mail.ru,
chernova.tv@dvfu.ru*

Зоологический музей ДВФУ основан в 1958 г. и является крупнейшим музеем подобного профиля на Дальнем Востоке России. Две наиболее известные и значительные его коллекции – птиц и моллюсков. В настоящем сообщении приведены сведения о коллекциях моллюсков музея, собранных в Японском море – наиболее богатом в плане биоразнообразия море России, важном также с биогеографической точки зрения, так как здесь наблюдается переход бореальных фаун в субтропические фауны Японии и Кореи.

Сборы моллюсков из Японского моря стали поступать в музей с момента его основания благодаря деятельности преподавателей и студентов, бывших выпускников, работавших в ТИНРО, Институте биологии моря ДВНЦ АН СССР и других учреждениях Владивостока. История создания коллекции хорошо освещена в ряде публикаций сотрудников музея. К настоящему времени в коллекциях музея накоплено 1618 музейных проб (лотов) Gastropoda (далее Ga) и 3216 проб Bivalvia (далее Bv) из трех секторов моря – российского (Ga – 1305, Bv – 2250), корейского (Ga – 283, Bv – 868) и японского (Ga – 30, Bv – 98); итого 4834 пробы. Количество экземпляров составляет 8108 для гастропод и 11509 для двустворчатых моллюсков. Всего в фондах хранятся 284 вида Bv и 295 видов Ga (всего 579 видов) из Японского моря; дальнейшая статистика показана в таблице.

Единицы хранения	Bivalvia				Gastropoda			
	Всего	Корея	Россия	Япония	Всего	Корея	Россия	Япония
Пробы	3216	868	2250	98	1618	283	1305	30
Экземпляры	11509	4267	6915	327	8108	750	7299	59
Семейства	54	43	41	23	76	38	60	12
Виды	284	169	172	63	295	52	205	23

Среди двустворчатых моллюсков почти равным числом видов (172 и 169) хорошо представлены сборы из российского и из корейского сектора, при этом российская коллекция почти полностью отражает фауну северной части моря, а корейская составляет примерно 54% от общего числа видов *Bv*, известных с япономорского побережья Южной Кореи (316 видов); однако переданная недавно в музей большая коллекция с о-ва Чеджу еще не полностью каталогизирована. Всего в Японском море известно около 600 видов *Bv*, так что коллекция отражает примерно половину фауны. Наиболее богаты видами 6 семейств: *Veneridae* (29 видов), *Tellinidae* (28), *Mytilidae* (27), *Arcidae* (15), *Nuculanidae* (14) и *Pectinidae* (13); остальные семейства представлены менее чем 10 видами. В коллекции имеются небольшие сборы из малодоступной Северной Кореи (97 проб, 416 экз.). Фауна двустворчатых моллюсков Японии представлено слабо (63 вида), в основном случайными сборами из Тоямы и Цусимского пролива. Хорошо собран зал. Петра Великого (1710 проб, 5175 экз.), а также корейские заливы Йонгиль (328 проб) и Ульсан (95 проб), а также побережье провинции Кангвон; большая коллекция из Пусана (более 80 видов) находится в обработке. В соавторстве с отечественными и иностранными учеными (Япония, Корея, Канада) К.А. Лутаенко (ННЦМБ ДВО РАН) опубликовал серию больших фаунистических статей по материалам коллекции; имеются некоторые типовые материалы (паратипы 3 видов по материалу из Японского моря); К.А. Лутаенко и И.Е. Волвенко опубликовали две книги по *Bivalvia* Японского моря (2012, 2017), хорошо иллюстрированные цветными фотографиями из коллекции.

Брюхоногие моллюски в коллекции лучше представлены российским материалом (205 видов), сборы из Кореи и Японии носят случайный характер, однако имеющиеся в коллекции почти 300 видов гастропод из Японского моря представляют собой важный справочно-научный и выставочный ресурс (всего в российских водах моря известно 334 вида *Ga*). Наиболее хорошо представлены 6 семейств: *Buccinidae* (57 видов), *Trochidae* (23), *Muricidae* (20), *Lottiidae* (19) и *Naticidae* (12). Остальные семейства содержат менее 10 видов каждое.

Большое количество моллюсков из Японского моря выставлено в постоянной экспозиции Зоологического музея, которая активно посещается жителями г. Владивостока и туристами, а также используется в учебных целях.

РОСТ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА *AZUMAPECTEN FARRERI* (JONES ET PRESTON, 1904) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Д. Д. Габаев

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

В Китае морской гребешок *Azumapesten farreri* – один из наиболее важных культивируемых моллюсков. Так, 1 млн. тонн гребешковой аквакультуры, выращенной в стране в 1996 г., на 75–80% состоял из этого гребешка (Gua et al., 1999). Это субтропическо-нижнебореальный вид, достигающий высокой численности в хорошо прогреваемых летом полузакрытых бухтах зал. Посьета (Экспедиции, Новгородская), где естественные поселения приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* ограничены (Скарлато и др., 1967). На коллекторах *A. farreri* не встречается севернее зал. Восток, однако в теплые годы в зал. Посьета численность его спата может быть выше, чем приморского гребешка (Габаев, 1990). У 4–9 летних особей *A. farreri* нерест наступает в последнюю декаду июня, у 2–3-летних – в первых числах июля при температуре воды в придонном слое 17–18°C, сбор спата на коллекторы возможен на глубинах 1–6 м (Калашникова, 1984).

В наших водах этот вид не культивируют, однако в процессе беспересадочного разведения приморского гребешка появилась возможность оценить производственные возможности и этого вида. Начало этим исследованиям положено в 1980 г., когда появились коллектор-садки, пригодные для выращивания моллюсков без пересадки в течение трех – четырех лет. Для обеспечения оптимальных условий культивирования размер ячеек у коллектор-садов был увеличен до 10–15 мм. Эти конструкции помещали на дно в середине июня после появления в планктоне личинок приморского гребешка готовых к оседанию.

В бухте Воевода (о-в Русский) коллектор-садки были погружены на дно в начале июля 2020 г. На следующий год, 4 июня 2021 г. средняя высота раковины *A. farreri* составила 24.32 ± 0.86 мм, а шесть месяцев спустя, 21 ноября 2021 г., при плотности 186.8 экз./м² высота раковины достигла 49.1 ± 2.5 мм (прирост 24.8 мм). После этого моллюски были пересажены в садки и к 28 мая 2022 г. высота их раковины была 54.2 ± 1.7 мм. Суточный прирост за зимние месяцы составил 0.027 мм.

У *A. farreri*, содержавшихся с июня 1980 по 29 августа 1983 г. в коллектор-садах в бух. Миносок зал. Посьета, высота раковины составила 58.3 ± 1.1 мм, а на выставленных там же в июне 1985 г. к 17 августа 1989 г. достигала 62.87 ± 0.99 мм. При этом у гребешка, сидевшего

снаружи коллектор-садка, высота раковины была 89.0 мм. Эти результаты представляют иную картину роста, чем у Ю. Э. Брегмана (1982).

Оседающие в большом количестве асцидии (трофические конкуренты гребешков) к осени второго года пребывания коллектор-садков под водой отмирают в результате сукцессии и конкуренции, и у моллюсков появляется возможность компенсационного роста. В Китае годовики размером 20 мм (в апреле) к следующему октябрю достигают рыночных 60 мм (Hawkins et al., 2002). Несмотря на более медленные по сравнению с Китаем темпы роста, этот вид можно включать в список культивируемых.

**ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВДОЛЬ
ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИМОРЬЯ И ХАБАРОВСКОГО
КРАЯ (РАЙОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ
ПРИМОРСКОЙ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*
(SALMONIDAE))**

Л. А. Гайко

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток;
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток
gayko@yandex.ru, gayko@poi.dvo.ru*

Район исследования, в котором происходит распределение миграционных потоков горбуши *Oncorhynchus gorbuscha*, охватывает северо-западное побережье Японского моря и западное побережье Татарского пролива. Исследование является продолжением температурного мониторинга побережья по данным гидрометеорологических станций (ГМС). В настоящее время гидрометеорологический режим рассматриваемого района освещают 3 ГМС: Советская Гавань (СЗ Татарского пролива, Хабаровский край); Сосуново (ЮЗ Татарского пролива, Приморский край) и Рудная Пристань (СЗ Японского моря, Приморский край). Цель представляемой работы – исследование температурных особенностей прибрежных районов Восточного Приморья и Хабаровского края для выявления закономерностей пространственно-временного распределения характеристик термической структуры океана и атмосферы данного района за период с 1950 по 2020 гг.

По данным наблюдений, на основании среднемесячных значений температуры воды и воздуха за соответствующие 30 лет для каждой станции вычислены базовая и оперативная климатические нормы по температуре для климатических периодов ВМО: III (1961–1990) и IV (1981–2010), а также среднее многолетнее значение параметров за весь период исследования (1950–2020 гг.). Рассчитаны отклонения температуры воды и воздуха от соответствующей климатической нормы и от среднего многолетнего значения. Для определения сдвигов в многолетнем ходе температуры построены интегрально-разностные кривые аномалий от среднего многолетнего значения. Тенденции изменчивости температуры рассчитывали с помощью регрессионного анализа; наличие линейного тренда определяли по величине коэффициента детерминации в зависимости от длительности ряда.

Район исследования расположен в умеренных широтах и характеризуется муссонным характером атмосферной циркуляции с хорошо выраженными сезонами года. На станциях в ходе кривых

температур наблюдается некоторая неравномерность. Рост температуры воды от января к августу происходит медленнее и менее “дружно”, чем падение от августа к декабрю. Ход кривых температуры воздуха более однороден, чем воды, особенно в тёплый период.

Для выявления особенностей внутригодовой изменчивости температуры воды и воздуха на ГМС за период с 1950 по 2020 гг. рассчитаны аномалии средних месячных и средних годовых температур от базовой и оперативной климатических норм. Анализ показал, что практически на всех станциях отмечены положительные аномалии температуры воды и воздуха от базовой (III) нормы во все месяцы года.

Распределение аномалий средней температуры воды и воздуха от оперативной нормы (IV) по месяцам показало совсем другую картину: с 1950 по 2020 гг. на станциях и температура воды, и температура воздуха в основном были ниже оперативной нормы (1981–2010), но выше базовой (1961–1990 гг.), следовательно, оперативная норма стала существенно выше базовой, что подтверждает потепление климата.

Для исследования межгодовой изменчивости температуры воды и воздуха за период 1950–2020 гг. построены графики отклонений их среднегодовых значений от среднего многолетнего. Положительный линейный тренд в ходе температуры воды, значимый на 5% уровне, выявлен на ГМС Советская Гавань и Сосуново, хотя и на ГМС Рудная Пристань линия регрессии также имеет положительный наклон, а в ходе температуры воздуха – на всех трёх станциях. Таким образом, с 1950 по 2020 гг. на восточном побережье Приморья и Хабаровского края повышение температуры воды и воздуха не вызывает сомнений, динамика температуры характеризуется устойчивым статистически значимым линейным трендом.

За исследуемый период по данным прибрежных станций отмечен рост температуры воды и воздуха как в среднегодовых значениях, так и по сезонам, но с разной скоростью. Наибольший рост температуры воды идёт в тёплый период (ГМС Советская Гавань и Сосуново – 0.22 и 0.24°C /10 лет соответственно), а в холодный сезон температура практически не меняется. Рост температуры воздуха, превышающий 0.20°C /10 лет, наоборот, происходит в холодный период с максимумом на ГМС Советская Гавань (0.31°C /10 лет). Таким образом, можно отметить, что в целом наибольшее повышение температуры воды на станциях происходит в тёплый, а температуры воздуха – в холодный период года.

Для определения резких изменений в многолетнем ходе температуры, так называемых сдвигов, построены интегрально-разностные кривые аномалий средних температур. Выявлена длительная тенденция понижения температуры воды и воздуха в исследуемом районе примерно с 1950 г. до перегиба в 1986–1988 гг., и далее – тенденция роста до 2020 г. Причём рост температуры после перелома в 1986–1988 гг.

проходил также неравномерно: сначала произошёл резкий подъём кривой до 1995 г., перешедший затем в некоторое “стояние” температуры до 2001 г., и затем вновь рост уже до 2020 г. Стоит отметить, что в данном районе именно с 1995 г. выявлен тренд на увеличение численности возврата рыб чётных лет после произошедшей в 1994 г. смены доминирующих поколений приморской горбуши с нечётных лет на чётные. Таким образом, возможно, что смене доминантов предшествовали резкие изменения в многолетнем ходе температуры с периодом запаздывания от точки перелома 7–8 лет.

Также можно отметить, что на ГМС Рудная Пристань (ЮЗ Японского моря) с 50-х годов суммы отрицательных и положительных аномалий температур воды к 2020 г. уравниваются, а на ГМС Сосуново и Советская Гавань (запад Татарского пролива) за рассматриваемый период преобладает сумма отрицательных аномалий. Возможно, такое распределение аномалий температуры воды связано с различными гидрологическими условиями бассейнов и местной циркуляцией вод. Кривые интегральных разностей аномалий температуры воздуха, в отличие от температуры воды, демонстрируют синхронность и равномерность для всех станций.

Таким образом, в целом, за рассматриваемый период на побережье Восточного Приморья и Хабаровского края повышение температуры воды и воздуха не вызывает сомнений, а динамика температуры характеризуется устойчивым статистически значимым линейным трендом, т.е. в данном районе прослеживается тенденция потепления климата.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МАЛЬКОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTSCHATICUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

Т. А. Геворгян^{1,2}, С. И. Масленников¹, Д. С. Борисова¹, Л. А. Боцун¹,
А. А. Пахлеванян¹, В. Б. Козменко¹

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

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
tagevorgyan90@gmail.com

Для отработки технологии искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* необходимо исследование оптимальных температурных режимов для содержания мальков краба на ранних стадиях развития (до одного года). Именно в этом возрасте отмечается максимальная смертность. Мальков получали от икряных самок, которые были отловлены в последнюю декаду декабря 2020 г в Уссурийском заливе (зал. Петра Великого, Японское море). Самок содержали в проточной морской воде на МБС “Запад” ННЦМБ ДВО РАН. Выклев личинок продолжался в течение марта 2021 г. Для кормления личинок использовали живой корм. Оседание глаукотоз на субстрат проходило во второй и третьей декадах мая. Мальки на стадии С2 были перевезены в аквариальную ННЦМБ ДВО РАН и помещены в 8 емкостей объёмом 400 л каждая. Эксперимент запущен 23 июня 2021 г. в 2-х температурных режимах. Для каждого температурного режима использовали серию из 4 аквариумов с гетерогенным субстратом из раковин моллюсков. В каждый аквариум помещали 40 мальков камчатского краба, ежедневно заменяли 20% воды от общего объёма. Крабов кормили молотым мясом мидии *Crenomytilus grayanus*. Ежемесячно проводили подсчет и взвешивание мальков, 5 раз в неделю измеряли температуру и солёность (всего 72 измерения). Солёность воды во всех ёмкостях составляла $32.6 \pm 0.1\%$. Средняя температура воды в первом режиме составила $13.25 \pm 0.1^\circ\text{C}$, диапазон от 11.6 до 17.2°C ; во втором – $17.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$, диапазон от 15.5 до 20.7°C .

В первой серии емкостей в период с 23 июня по 20 июля средняя температура воды составляла $13.25 \pm 0.1^\circ\text{C}$ (диапазон $12.3 - 17.2^\circ\text{C}$); с 20 июля по 27 августа – $13.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ($12.6 - 15.6^\circ\text{C}$) и в конце эксперимента в период с 27 августа по 5 октября – $12.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ($11.6 - 13.8^\circ\text{C}$).

Во второй серии емкостей в период с 23 июня по 20 июля средняя температура воды составляла $17.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ($16.2 - 19.0^\circ\text{C}$); с 20 июля по 27

августа – $18.7 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ($17.0\text{--}20.7^{\circ}\text{C}$) и в конце эксперимента с 27 августа по 5 октября – $16.7 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ($15.5\text{--}19.1^{\circ}\text{C}$).

В первой серии аквариумов на 28-й день от начала эксперимента выживаемость составила $58.1 \pm 5.4\%$, (от 47.5 до 72.5%); на 66-й день – $35.0 \pm 3.0\%$ ($27.5\text{--}42.5\%$), составив внутри периода $59.6 \pm 8.0\%$ ($37.5\text{--}76.1\%$). На 105-й день от начала эксперимента выживаемость достигла $25.0 \pm 6.1\%$. ($10\text{--}40\%$), составив внутри периода $72.6 \pm 18.7\%$ ($16.7\text{--}93.7\%$). В целом в первой серии отмечается тенденция увеличения выживаемости мальков камчатского краба с возрастом на фоне снижения температуры воды.

Во второй серии аквариумов на 28-й день от начала эксперимента выживаемость составила $53.1 \pm 4.8\%$ (диапазон 40.0–62.5%); на 66-й день – $32.5 \pm 5.9\%$ (от 15.0 до 40.0%), а внутри периода – $60.7 \pm 4.5\%$ ($52.3\text{--}73.6\%$). На 105-й день выживаемость от начала эксперимента составила $26.8 \pm 8.1\%$ (от 2.5 до 37.5%), внутри периода – $71.2 \pm 15.1\%$ ($28.6\text{--}94.1\%$). В целом во второй серии на фоне снижения температуры воды также отмечается тенденция увеличения выживаемости мальков краба с возрастом.

В первой серии на 28-й день с начала эксперимента средний вес мальков составил 0.139 ± 0.007 г (от 0.039 до 0.251 г); на 66-й день этот показатель был 0.291 ± 0.022 г ($0.150\text{--}0.605$ г). На 105-й день средний вес мальков достиг 0.351 ± 0.038 г ($0.177\text{--}0.608$ г).

Во второй серии 28-й день с начала эксперимента средний вес мальков составлял 0.102 ± 0.006 г ($0.043\text{--}0.219$ г); на 66-й день – 0.153 ± 0.007 г ($0.045\text{--}0.235$ г), достигая на 105-й день 0.202 ± 0.011 г ($0.103\text{--}0.397$ г).

Таким образом, при более низкой температуре, составившей в среднем $13.25 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$, весовой прирост у молоди камчатского краба был выше, тогда как различия в выживаемости мальков между двумя сериями экспериментов не отмечены.

Финансирование работы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21–74–30004).

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЦЕЛЕВЫХ ТРАЛОВЫХ
ПРИЛОВОВ ОСНОВНЫХ ГРУПП МЕГАБЕНТОСА В
РЕЗУЛЬТАТЕ ДОННОГО ПРОМЫСЛА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В
2019-2021 ГГ.**

А. В. Голенкевич, С. Г. Денисенко, А. А. Пашковский

*Всемирный фонд дикой природы России, Баренц-отделение, г. Мурманск
golenkevich.alexey@gmail.com*

Баренцево море – один из наиболее продуктивных регионов северо-восточной Атлантики, и в то же время – одно из наиболее уязвимых северных морей. Согласно многочисленным отечественными и зарубежным исследованиям, ему свойственны значительные изменения в структурной организации и функционировании сообществ зообентоса. Во второй половине прошлого столетия произошли существенные абберации донных экосистем, преимущественно в традиционных рыбопромысловых районах (Денисенко, 2013; Денисенко, Денисенко, 2021). Кроме того, на биоту Баренцева моря все больше негативное воздействие оказывают климатические изменения. На акватории водоема в результате направленного взаимодействия водных масс происходит смещение наиболее продуктивных зон к северу и востоку от традиционно зарегистрированных.

В ходе исследования использованы данные фактической регистрации нецелевых донных приловов беспозвоночных мега- и гигабентоса в рыбопромысловых тралах в Баренцевом море для 2444 тралений в 2019 г., 3798 – в 2020 г. и 5470 – в 2021 г. Проанализированы величины изъятия и состав выловленного зообентоса в указанные годы; полученные результаты сопоставлены с данными по интенсивности траловой нагрузки на отдельные участки водоема; дана предварительная оценка уровня прямого воздействия донных тралений на фонообразующие группы зообентоса.

На основе анализа поступивших в наше распоряжение протоколов регистрации зообентоса в тралах в качестве прилова в 2019–2021 гг. все обнаруженные животные сведены в следующие крупные систематические группы – губки, гидроиды, кораллы, кольчатые черви, морские пауки, ракообразные, моллюски, иглокожие и оболочники. Из них к индикаторным видам уязвимых морских экосистем в Баренцевом море однозначно можно отнести губок и коралловых полипов, а также отдельных иглокожих и некоторых брюхоногих моллюсков, которые играют важную роль в донных экосистемах.

Губки в траловых приловах варьируют от единиц до нескольких десятков кг. По результатам исследований во все годы наблюдений они встречались в преобладающем большинстве тралов. Биомасса изъятия

этой группы варьировала от 5 до 17 кг/трал в 2019 г., от 5 до 10 кг/трал (преимущественно 5 кг/трал) в 2020 г. и в пределах 5 кг/трал в 2021 г. Средняя величина биомассы губок в разные годы составляла от 6.4 до 9.9 кг/трал, на основании чего можно утверждать, что средний объем разового изъятия был почти одинаковым в 2020 и 2021 гг., но несколько уменьшился по сравнению с 2019 г. однако общая биомасса изъятия губок возросла именно в 2020–2021 гг.

Гидроиды формируют намного меньшие биомассы, чем губки (Журавлева, Денисенко, 2021), но, судя по результатам выполненного нами анализа, величины их вылова оказались сопоставимыми с величинами вылова губок. Изъятие колоний гидроидов в 2019 и 2020 гг. зачастую превышало 25–50 кг/трал, но в 2021 г. составило порядка 5–10 кг/трал, при средней величине 8 кг/трал.

Коралловые полипы. За период наблюдений облов районов с местами обитания кораллов заметно увеличился к 2021 г., что, как следствие, привело к возрастанию общего объема их вылова с 180 до 539 кг/год. При этом отмечается некоторая тенденция в сокращении объема вылова в расчете на одно траление с 6.1 до 2.7 кг/трал.

Кольчатые черви в 2019 г. были представлены преимущественно сипункулидами и зарегистрированы только в 10 тралах, в 2020 и 2021 гг. эта величина возросла в 8 и 15 раз соответственно, что, очевидно, обусловлено увеличением количества тралений в указанные годы. Вместе с тем, общий вылов червей сначала вырос в 2020 г., а затем снизился в 2021 г. Аналогично изменениям, отмеченным при анализе динамики общего вылова кольцецов, колебалась интенсивность изъятия этих животных. Максимальная интенсивность изъятия наблюдалась в 2020 г. и составила более 11 кг/трал, тогда как в 2019 г. эта величина была около 5 кг/трал, а в 2022 г. – немногим более 4 кг/трал.

Морские пауки. На фоне возраставших промысловых усилий, частота встречаемости пауков в тралах в 2021 г. значительно уменьшилась (более чем 5 раз) по сравнению с 2020 г., и в 3.5 раза по сравнению с 2019 г. Соответственно изменялся и общий объем выловленных животных, и разовый вылов. Максимальные значения получены для 2020 г. (4.10 и 4.6 кг соответственно).

Ракообразные в тралах представлены в основном креветками и крабоидами. Частота обнаружения этих беспозвоночных была сравнительно невысокой и, как и для ряда других групп животных, менялась от года к году, возрастала в 2020 г. и снижалась в 2021 г. Указанные колебания напрямую связаны с количеством тралений, в которых были зарегистрированы находки ракообразных. Изменение их разового вылова в абсолютных величинах в разные годы варьировало от 2.4 до 3.7 кг/трал.

Моллюски – одна из основных фонообразующих групп морского зообентоса, которая, ввиду высокой частоты встречаемости в водоеме, регистрировалась в донных тралах на большинстве выполненных станций. В целом для группы наименьший объем общего изъятия наблюдался в 2019 г., когда промысел был менее интенсивным и составлял около 3.5 т. Максимум изъятия моллюсков пришелся на 2020 г., составив около 4 т, в 2021 г. общий зарегистрированный вылов был порядка 3.7 т.

Иглокожие. По результатам выполненного анализа установлено, что во все годы наблюдений иглокожие встречаются в 80–90% задокументированных тралов. Общая величина изъятия этих животных также является максимальной по сравнению с другими группами зообентоса и составляет почти 20–30 т ежегодно. Частота встречаемости звезд и офиур в приловах возрастает при увеличении интенсивности донных тралений, тогда как у ежей она увеличилась только в 2021 г., а у голотурий оставалась практически неизменной на протяжении всего периода наблюдений.

Оболочники – еще одна из наиболее массовых групп донных беспозвоночных в приловах донных тралов. По частоте встречаемости и по величинам ежегодного изъятия они, отчасти, сопоставимы с группой *Mollusca indef.*, тогда как по разовым уловам они ближе к кораллам и к кольчатым червям.

Таким образом, результаты выполненного нами анализа показали, что в результате рыбопромысловых тралений ежегодные величины приловов разных донных беспозвоночных в Баренцевом море, варьируют от десятков килограммов до десятков тонн. Суммарный вылов этих животных составляет более полусотни тонн за год. Тралы поднимают на борт судов в основном представителей мега- и гигабентоса, а более мелкие организмы из размерной группы макробентоса и молодь более крупных животных в том или ином виде проходят сквозь сетную ячею. В результате величина травмируемого и перемещаемого зообентоса в разы превышает вышеназванные объемы. Большинство изъятых и поврежденных тралом организмов погибает из-за физических травм и перепадов гидростатического давления. Поселения индикаторных видов после таких повреждений восстанавливаются десятилетиями и для их сохранения, наряду с действенными ограничительными мерами, необходимы финансовые затраты, как со стороны государства, так и со стороны бизнеса.

ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КОРНЕГОЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ НА ПОПУЛЯЦИОННУЮ СТРУКТУРУ КРАБОВ-ХОЗЯЕВ

Д. Д. Голубинская, О. М. Корн, Н. И. Селин

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

Корнеголовые ракообразные оказывают большое влияние на размерную и половую структуру популяции крабов-хозяев и вызывают морфологическую изменчивость их вторичных половых признаков. В 2020–2021 гг. в зал. Петра Великого исследовали популяции веерного краба *Pachycheles stevensii* (Anomura: Porcellanidae), зараженную двумя корнеголовыми ракообразными рода *Lernaeodiscus*, и популяцию водорослевого краба *Pugettia* aff. *ferox* (Brachyura: Epialtidae), зараженную двумя видами саккулинид, *Parasacculina pilosella* (Polyascidae) и *Sacculina pugettiae* (Sacculinidae). Показано, что экстенсивность заражения *P. stevensii* составляет 32.3%, причем *Lernaeodiscus rybakovi* встречается гораздо чаще, чем *L. kasyanovi*. Зараженность *Pugettia* составляет 18.5%, более многочисленной является *P. pilosella*.

В популяциях обоих крабов встречаются здоровые самцы и самки, зараженные самцы и самки, а также зараженные модифицированные особи, определение пола которых представляет значительные трудности. Модифицированные особи *P. stevensii* сочетают признаки обоих полов и представляют собой экстремально феминизированных самцов. У них расширяется abdomen, приближаясь к женскому типу, уменьшаются клешни и укорачиваются гоноподы. Кроме того, у модифицированных самцов в дополнение к гоноподам появляются три пары женских плеоподов, что способствует успешному вынашиванию потомства паразита. Самки этого краба не претерпевают значительных морфологических модификаций в связи с присутствием паразитов. Напротив, в популяции *Pugettia* изменения морфологии зараженных самок более выражены, чем самцов, и все модифицированные особи этого вида являются самками. У модифицированных зараженных крабов наблюдается полная атрофия плеоподов, которые защищают экстерну. У таких особей экстерна обычно прикреплена к первым сегментам abdomen, что позволяет ей избежать случайного повреждения. Таким образом, исследованные крабы демонстрируют принципиально разные пути морфологических приспособлений к паразитизму.

Самцы и самки *P. stevensii* одинаково часто заражаются корнеголовыми ракообразными, так как ширина abdomen у них почти равна, и самцы обеспечивают паразиту такую же защиту, как и самки. У

зараженных самцов *Pugettia* абдомен лишь слегка расширяется и остается значительно уже, чем у самок, поэтому паразиты предпочитают самок этого вида.

Репродуктивные циклы паразитов и хозяев совпадают по времени, все они размножаются в летние месяцы, в наиболее благоприятное время для эмбрионального и личиночного развития. Отмечено, что ни одна зараженная самка *Pugettia* не имеет собственного потомства, а вместо этого вынашивает экстерну паразита. Но значительная доля самок *P. stevensii* не теряет способности к размножению и вынашивает одновременно собственных эмбрионов и личинок паразита, что чрезвычайно редко встречается при заражении крабов корнеголовыми ракообразными кентрогонидного типа. Впрочем, плодовитость у зараженных самок значительно меньше, чем у здоровых особей. Продолжительность жизни здоровых и зараженных крабов не различается, однако размер зараженных крабов меньше, чем здоровых особей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-04-00097.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ У CYCLOSTOMATIDA BRYOZOA ШЕЛЬФА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

В. И. Гонтарь

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург
gontarvi@gmail.com

Двадцать два вида и подвида круглоротых мшанок, включая 6 новых для науки видов, встречены на шельфе северных и средних Курильских о-вов. В основном, это типичные для относительно холодных вод виды. Большинство из них встречено в эпифауне других мшанок, принадлежащих отрядам Cheilostomatida и Stenostomatida, а также Hydrozoa; небольшое число видов обнаружено на камнях. Коллекции собраны 1, 2 и 3 экспедициями ИБМ ДВНЦ и ТИНРО с использованием стандартных методов водолазных работ и судовых орудий лова (донный трал, драга, т. д.). Распространение Cyclostomatida на шельфе северных и средних Курильских о-вов зависит от температурного режима, поскольку другие факторы в пределах этого региона существенно не различаются. В фауне циклостомных мшанок этого района представлены бореально-арктические, амфибореальные широко распространенные, приазиатские широко распространенные, высокобореальные и бореальные виды и подвиды. Cyclostomatida собраны в сублиторали, на глубинах от 0 до 38 м. Наибольшее количество видов встречено на глубинах от 15 до 20 м (12 видов) и от 20 до 25 м (16 видов); на больших глубинах число видов уменьшается. Шесть новых видов циклостомных мшанок представлены одним новым родом *Paulella* (типовой вид *P. taylori* Gontar, 2009), который отличается от рода *Stomatopora* Milne-Edwards, 1838, и пятью новыми видами из других родов, которые представлены *Crisiella chirpoiensis* Gontar, *Desmatelesia repens* Gontar, *Desmeplagioecia pastiliformis* Gontar, *Heteropora urupae* Gontar и *Tubulipora duplicatocrenata* Gontar.

Хотя в настоящее время Cyclostomatida уступают по количеству и разнообразию хейлостомным мшанкам, они были доминантным отрядом более чем 100 миллионов лет назад и остаются важным компонентом некоторых донных сообществ. Высокий уровень конвергенции в форме колонии был отличительной чертой мшанок на протяжении всей их эволюционной истории. Одна из форм, которая неоднократно развивалась, состоит из прямостоячих колоний с узкими ветвями (междуузлиями), соединенными упругими суставами (узлами). Такие сочлененные колонии обычно упоминаются в литературе по круглоротым как “*crisiform*” (Taylor, Waeschenbach, 2019). Все, за исключением одного рода сочлененных круглоротых, морфологически сходны и могут быть отнесены к одному семейству Crisiidae. Исключение составляет

Crisulipora, многие исследователи считают его представителем, имеющим независимое происхождение сочлененной формы колонии у круглоротых. Отсутствие близких отношений между этими таксонами очевидно из атрибуции Робертсон (1910) ее нового рода *Crisulipora* в семейство Tubuliporiidae (Taylor, Waeschenbach, 2019). В статье об ультраструктуре скелета сочлененных круглоротых мшанок (Weedon, Taylor, 1998) отмечена большая разница в скелетной ткани аутозооидов между *Crisulipora* и кризидами, а также разница в морфологии суставных поверхностей. Первоначальные стадии роста у колонии циклостомных мшанок начинаются после оседания личинки и метаморфоза ее в анцеструлу (1 тип голоанцеструла или 2 тип артроанцеструла), и затем путем париетального почкования формируется устойчивого вида стадия *stomatopora* (у Crisiidae – артроанцеструла), по названию рода *Stomatopora*, формирующего такие колонии. Курильский новый род и вид *Paulella taylori* формирует похожую стоматориформную колонию, но с аутозооидами в два раза меньшего размера. Отличия от *Stomatopora* у нового рода есть в форме гонозооида и ультраструктуре *exterior* фронтальных стенок, а также в наличии пористых ситовидных пластинок, закрывающих псевдопоры. Вид *Angusia julieni* Ostrovski был упомянут Taylor в связи с тем, что имеет ультраструктуру стенок, схожую с *Paulella*. Схожую ультраструктуру стенок и строения псевдопор имеют также *Tetrastomatopora giselae* Моуано и *Crisulipora occidentalis* Robertson. Была предложена гипотеза эволюции артикулят от стоматопориформных предков (Silen, 1977). Видон и Тейлор (Weedon, Taylor, 1998) указали на полифилетическую эволюцию хитиновых сочленений у Crisiidae и *Crisulipora*. Существенные различия есть также в морфологии гонозооида, который у *Crisulipora* большой и пронизан аутозооидными перистомами, а у кризиид маленький и цельный. Молекулярные данные подтверждают распространенное мнение о том, что *Crisulipora* не принадлежит к семейству Crisiidae (Taylor, Waeschensbachm, 2019). По нашему мнению, *Crisulipora* может рассматриваться как яркое доказательство полимеризационного процесса в контексте теории Догеля, как хаотичного умножения различных структур, и строго говоря, обсуждается возникновение различных жизненных форм. Weedon (1998) изучил ультраструктуру различных стадий астогенеза циклостомных мшанок и пришел к заключению, что ультраструктура протоеция у анцеструлы сходна с ультраструктурой палеозойских Stenolaemata и независима от ультраструктуры взрослых аутозооидов. Имеются существенные различия между родами *Stomatopora* и *Paulella*. У Articulata есть, по крайней мере, два пути развития вертикальных колоний с сочленениями, если принять во внимание строение анцеструлы, ультраструктуру стенок анцеструлы и зрелых аутозооидов представителей Crisiidae и Crisuliporidae (п/отр

Articulata). Прежде всего, анцеструла *Crisulipora* распространена, дистальная трубка начинается со стороны протоеция без сочленения, тогда как у кризиид прямая дистальная трубка, выходящая из верхушки протоеция, от которого отделена сочленением (Taylor, Waeschenbach, 2019). Артроанцеструла Crisiidae должна рассматриваться как анцеструлярный комплекс, возникший вследствие гетерохронии (Гонтарь, 2014). Принимая во внимание выше упомянутые различия в строении анцеструлы у *Stomatopora* и *Paulella*, а также различия в ультраструктуре стенок аутозооидов, морфологии гонозооидов кризиид (первые находки датируются примерно до 133 млн лет назад (Taylor, Waeschenbach, 2019) и кризулипорид (род мог появиться 100 млн лет назад (Taylor, Waeschenbach, 2019) у Cyclosomatida по крайней мере два пути развития: первый – через стоматопориформную стадию как у *Stomatopora* (подотряд Tubuliporina) и второй как у *Paulella taylori*, *Tetrastomatopora giselae*, *Angusia jullieni* и *Crisulipora occidentalis* (Гонтарь, 2014).

НАКОПЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ГИДРОБИОНТАХ АКВАТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В 2021 ГОДУ

Л. Г. Горгола

*Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АзНИИРХ),
г. Ростов-на-Дону
azniirkh@vniro.ru*

С середины XX века возросло антропогенное влияние на экосистему, которое определялось хозяйственной деятельностью человека. В водоемы рыбохозяйственного назначения подпадает большое количество загрязняющих веществ, в том числе тяжелые металлы и мышьяк. В настоящее время Чёрное море также испытывает большую антропогенную нагрузку, обусловленную активным судоходством, рекреационной деятельностью, сбросом сточных вод промышленных и коммунально-бытовых предприятий, а также стоками с сельскохозяйственных полей (вынос токсичных удобрений).

Тяжелые металлы и мышьяк являются опасными поллютантами для природной среды. Наряду с мышьяком, особую угрозу представляют свинец, кадмий и ртуть. Их опасность заключается в том, что они устойчивы к разрушению в течение многих лет, очень быстро накапливаются в живых организмах водных экосистем, но очень медленно выводятся. Попадая в воду, эти химические элементы быстро оседают на дно, загрязняя поверхностный слой донных отложений. В наиболее значительных количествах они накапливаются в илистых донных отложениях, представляя опасность для донных видов рыб.

В качестве объекта анализа выбран мерланг *Merlangius merlangus* – вид лучепёрых рыб из монотипического рода мерланги, семейство тресковых (Gadidae), так как этот вид предпочитает илистый грунт.

Цель данного исследования – оценка накопления тяжёлых металлов в воде и донных отложениях илистого типа, а также в органах и тканях мерланга.

Материалом для исследования послужили пробы воды и донных отложений, а также образцы тканей и органов мерланга, отобранные в сентябре 2021 г. в акватории Чёрного моря (район Крымского полуострова). Пробы воды отбирали на 3 станциях с 3 горизонтов: у поверхности (0–0.5 м) и на глубинах 10 и 200 м. Пробы донных отложений илистого типа отобрали на тех же станциях с верхнего придонного горизонта (0–2 см). Для оценки уровня накопления тяжелых металлов в организмах рыб в этом же районе моря выловили 10 экз. мерланга.

Исследование проб воды и тканей гидробионтов проводили методом атомной абсорбции в двух модификациях: с электротермической атомизацией и в “холодном паре”. Растворённые формы свинца, кадмия и мышьяка анализировали с использованием спектрометра атомно-абсорбционного AA-860 с беспламенным атомизатором FLA-100 (NIPPON JARRELL ASH, Япония), растворённую ртуть – с использованием ртутного анализатора РА-915М (“Люмэкс”, Россия). Содержание тяжелых металлов в донных отложениях определяли рентгенфлуоресцентным методом с использованием рентгеновского спектрометра “Спектроскан МАКС-GVM” (“Спектрон”, Россия). Предварительно пробы гидробионтов и донных отложений для определения кадмия и ртути были подготовлены методом мокрого озоления.

В осенний период 2021 г. в пробах воды не отмечено случаев превышения ПДК_{р/х} тяжелых металлов и мышьяка. Наиболее высокая (0.7 мкг/л) концентрация свинца обнаружена вблизи м. Опук на глубине 10 м; в Феодосийском заливе на той же глубине наблюдались невысокие концентрации (0.4 и 0.6 мкг/л). На всех глубоководных точках отбора концентрации свинца были крайне низкими и не превышали предела обнаружения (< 0.4 мкг/л). Концентрации мышьяка на всех станциях также оказались ниже предела обнаружения (< 2.5 мкг/л). Содержание кадмия варьировало, самое высокое содержание обнаружено в Феодосийском заливе на глубине 10 м, в воде остальных станций этот показатель изменялся в интервале от 0.10 до 0.13 мкг/л. Концентрации ртути превышали предел обнаружения (0.010 мкг/л) почти на всех станциях наблюдения. Максимальное значение зарегистрировано вблизи м. Опук на глубине 10 м (0.070 мкг/л). Крайне низкие концентрации, не превышающие предел обнаружения, отмечались на поверхности у м. Опук и в глубоководном горизонте на одной из станций в Феодосийском заливе (табл.1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в пробах воды Черного моря (акватория Крымского полуострова), 2021 г., мкг/л

Горизонт отбора проб воды (глубина), м	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Феодосийский залив, станция 7				
Поверхностный (0–0.5)	< 0.4	< 2.5	< 0.10	0.020
Промежуточный (10)	0.4	< 2.5	0.13	0.020
Глубоководный (200)	< 0.4	< 2.5	< 0.10	< 0.010
мыс Опук				
Поверхностный (0–0.5)	< 0.4	< 2.5	0.12	< 0.010
Промежуточный (10)	0.7	< 2.5	< 0.10	0.070
Глубоководный (200)	< 0.4	< 2.5	0.10	0.050
Феодосийский залив, станция 10				

Поверхностный (0–0.5)	0.5	< 2.5	< 0.10	0.020
Промежуточный (10)	0.6	< 2.5	0.23	0.010
Глубоководный (200)	< 0.4	< 2.5	< 0.10	0.010
<i>ПДК_{рх}</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>0.1</i>

Концентрации тяжелых металлов и мышьяка во всех пробах донных отложений в осенний период 2021 г. были невысокими, не представляющими угрозы для морской экосистемы и водных биологических ресурсов (табл. 2).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений Черного моря (акватория Крымского полуострова), 2021 г., мг/кг сухой массы

Станции отбора проб	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Феодосийский залив, ст. 7	15	5.2	< 0.05	0.01
Мыс Опук	15	4.7	< 0.05	0.01
Феодосийский залив, ст. 10	13	4.6	< 0.05	0.02

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях мерланга, отловленного в Черном море (акватория Крымского полуострова), 2021 г., мг/кг сырой массы

Объект исследования, количество проб	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Мышцы, n=10	0.09	< 0.50	0.006	0.041
Печень, n=10	0.10	< 0.50	0.020	0.017
Гонады, n=10	0.15	< 0.50	0.015	0.021

Уровни накопления тяжелых металлов и мышьяка в органах и тканях мерланга были умеренным. Концентрация мышьяка во всех проанализированных образцах не превышала предел обнаружения (< 0.50 мг/кг), значения концентраций остальных металлов также были невысокими. Анализ распределения обнаруженных концентраций металлов по органам и тканям мерланга показал, что накопление токсичных металлов в тканях и органах мерланга происходит неравномерно, наиболее высокое содержание свинца наблюдалось в гонадах, кадмия – в печени, ртути – в мышцах.

Таким образом, концентрации тяжелых металлов и мышьяка, обнаруженные в воде и донных отложениях Черного моря в акватории Крымского полуострова, а также в организмах гидробионтов (на примере мерланга) в осенний период 2021 г. не представляли опасности для морских экосистем.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАБОЛИЗМА ГИДРОПЕРЕКИСЕЙ ПОЛИЕНОВЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ РАСТЕНИЙ И КОРАЛЛОВЫХ ПОЛИПОВ

С. С. Горина, Я. Ю. Топоркова, Л. Ш. Мухтарова, А. Н. Гречкин

Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН,

г. Казань

gsvetlana87@gmail.com

Перекисное окисление липидов – процесс, общий для всех биологических систем, оно играет важную роль в регуляторных процессах, а также ответных реакциях на изменение условий окружающей среды. Окисленные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – это отправные точки для синтеза большой и разнообразной группы биологически значимых метаболитов, известных как оксипирины. Процесс окисления может происходить как спонтанным, так и ферментативным путем. Ферментативное преобразование ПНЖК происходит при участии различных ферментов, таких как липоксигеназы, циклооксигеназы и альфа-диоксигеназы, продуцирующие гидроперекиси жирных кислот и эндоперекиси. Последующие превращения у растений происходят при участии 7 ферментов, 4 из которых, а именно алленоксидсинтазы (АОС), гидропероксидлиазы (ГПЛ), дивинилэфирсинтазы (ДЭС) и эпоксиалкогольсинтазы (ЭАС), относятся к семейству CYP74 цитохромов P450. У беспозвоночных животных, таких как коралловые полипы, за биосинтез ряда оксипиринов отвечают не только цитохромы P450, но и каталазы. При этом каталазы в большинстве своем известны своим участием в метаболизме перекиси водорода. В ходе наших исследований получен ряд ферментов семейства CYP74 растений *Asparagus officinalis* и *Selaginella moellendorffii* и представители каталазо-подобных ферментов мягких (*Dendronephthya gigantea*) и каменистых кораллов (*Acropora millepora*). Продукты реакций анализировали методом газовой хромато-масс-спектрометрии; отдельные продукты очищали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с последующим определением структуры методом ЯМР.

Полученные результаты показали, что рекомбинантные ферменты эффективно утилизировали 9- и/или 13-гидроперекиси линолевой и альфа-линоленовой кислот. Основными продуктами реакций, катализируемых ферментом CYP74 *A. officinalis* (CYP74H2), были дивиниловые эфиры, свидетельствующие о наличии ДЭС активности. В случае ферментов *S. moellendorffii* (CYP74L1 и CYP74L2) среди продуктов реакций обнаруживались продукты АОС, ГПЛ и ЭАС активностей. Среди продуктов реакций, катализируемых каталазо-подобными ферментами кораллов *D. gigantea* и *A. millepora*, обнаружены

оксилипины, идентичные или сходные по своей структуре с продуктами каталитической активности ферментов СУР74L1 и СУР74L2. Обнаружение каталазо-подобных белков, способных метаболизировать гидроперекиси жирных кислот с образованием оксилипинов, идентичных или сходных по своей структуре с оксилипинами растений, свидетельствует о конвергентной эволюции метаболизма ПНЖК у растений и коралловых полипов.

Биоинформационный анализ проводили при финансовой поддержке государственного задания Федерального исследовательского центра "Казанский научный центр Российской академии наук". Работы по изучению активности ферментов СУР74 выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ 20-14-00338. Исследования каталазо-подобных белков выполнены при поддержке гранта РФФИ 20-04-01069.

**ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СУСПЕНЗИИ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ЛИЧИНОК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В КОНТРОЛИРУЕМЫХ
УСЛОВИЯХ**

О. Б. Гостюхина, И. Ю. Сухин

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

olga.gostyuhina@tinro-center.ru

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются технологии интенсивного культивирования ценных видов гидробионтов, в том числе дальневосточного трепанга. При искусственном разведении трепанга ключевую роль играет выбор корма для личинок и молоди. В естественных условиях планктонная личинка трепанга питается разными видами микроводорослей и растворенным органическим веществом. В искусственных условиях наилучший рост и выживание личинок трепанга отмечены при кормлении их микроводорослями, имеющими размер не более 20 мкм и тонкие клеточные стенки, поскольку личинки могут их легко переварить. Культивируемые водоросли должны иметь высокую кормовую ценность и отвечать требованиям массовой культуры: обладать способностью к быстрому накоплению биомассы и быть устойчивыми к возможным изменениям условий среды. Перечисленным требованиям отвечают такие виды водорослей, как *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri* и *Phaeodactylum tricornutum*.

При выращивании личинок трепанга на протяжении всего планктонного периода возникает необходимость в своевременном обеспечении личинок качественным кормом. Но при культивировании микроводорослей в промышленных масштабах, когда ежедневная потребность составляет сотни и тысячи литров, возникает ряд трудностей. На протяжении всего периода выращивания микроводорослей должна поддерживаться высокая чистота культуральной среды, любое заражение бактериями, простейшими или же другими видами водорослей грозит гибелью культуры и срывом производственного процесса. Поэтому для регулярного обеспечения личинок кормом мы предварительно наращивали микроводоросли в больших объемах, а затем концентрировали полученную суспензию, используя проточную центрифугу. Концентраты суспензии микроводорослей хранили в герметичной упаковке в темноте при температуре 1.5–3°C не более 90 сут, часть концентратов замораживали.

Для оценки влияния корма на рост и развитие личинок трепанга использовали живые микроводоросли *D. salina*, *C. muelleri* и *P.*

tricornutum и те же водоросли в виде жидкого и замороженного концентрата. Личинок на стадии аурикулярии помещали в 200 л емкости с плотностью посадки 1 экз./мл. Во всех емкостях поддерживали постоянную температуру воды 20–21°C и соленость 32‰. Каждый вариант корма испытывали в двух повторностях. Суточная доза кормовых микроводорослей в ходе выращивания изменялась от 25 до 100 тыс. кл./мл на разных стадиях развития.

Наблюдения показали, что аурикулярии, получавшие живые культуры микроводорослей (контрольная группа), развивались успешно. Через 9 сут с момента нереста личинки достигли длины свыше 800 мкм и стадии поздней аурикулярии. Через 10 сут с момента нереста в емкостях начался переход личинок на стадию долиолярии, длина личинок уменьшилась почти вдвое – до 327–475 мкм (среднее 377 мкм). На 14-е сут с момента оплодотворения личинки достигли стадии пентактулы и осели на субстрат. Параметры развития личинок, питавшихся жидкими концентратами, не уступают достигнутым при использовании живых культур водорослей. Переход на следующую стадию происходил одновременно с контрольной группой, а оседание прошло раньше контрольной группы на сутки (на 13-е сут с момента оплодотворения). Личинки, питавшиеся замороженными концентратами микроводорослей, отличались замедленным развитием и появлением большого количества уродливых форм. Личинки не достигли стадии поздней аурикулярии и в стадию долиолярии не перешли. К моменту перехода личинок из контрольной группы в стадию долиолярии, смертность личинок, питавшихся замороженными кормами, составила 100%.

Сравнение хода развития личинок, выращиваемых на разных типах корма, показывает, что наиболее перспективными являются жидкие концентраты микроводорослей. Скорость роста и развития, а также выживаемость личинок при использовании жидких концентратов микроводорослей выше, чем при использовании живых культур. Замороженные концентраты вызвали замедление развития, появление уродливых форм и гибель личинок, что указывает на нецелесообразность их применения.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПРИДОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ БУХТЫ ТИХАЯ ЗАВОДЬ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Н. И. Григорьева, С. И. Масленников, Л. Д. Куличкова

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

ДВО РАН, г. Владивосток

grigoryeva04@mail.ru

В последние десятилетия наблюдаются существенные перестройки в сообществах зал. Петра Великого (Ващенко, 2000; Звягинцев, 2007, 2008; Мощенко и др., 2018), которые выражаются в изменении "доминантного комплекса" и доли отдельных видов, поэтому исследования закономерностей межгодовых и сезонных колебаний температуры воды в конкретных биотопах очень важны для оценки биоразнообразия прибрежных акваторий, а также для анализа долговременных изменений. Условия водной среды придонных горизонтов мелководных зон в зал. Восток изучены недостаточно. Цель данной работы – определить средние значения и общий размах колебаний температуры воды в б. Тихая Заводь зал. Восток (зал. Петра Великого, Японское море) в течение года и исследовать вариативность сроков перехода температуры через 0, 5, 10 и 20°C.

Для анализа использовали непрерывные ежечасные дистанционные наблюдения за температурой воды с придонного горизонта 6 м в центральной части бухты с помощью прибора АКР-01 фирмы Bassens с 2017 по 2021 гг. По достаточно большому массиву данных (порядка 35 тыс. значений) рассчитывали средние величины для каждого месяца (математическое ожидание) и дисперсию. Для исследования сроков перехода температуры через 0, 5, 10 и 20°C использовали энтропию, которая показывает степень вариативности наступления фенодат во времени (Зайцев, 1984). Энтропия, рассчитанная по методу Шеннона-Хартли, приведена в битах, которые являются единицами измерения неопределенности.

Предыдущие исследования показали, что зал. Восток характеризуется значительными термогалинными колебаниями в поверхностном и придонном слоях воды, особенно в дождливые годы. С июня по сентябрь температура воды в слое 0–6 м изменяется от 7.4 до 25.9°C (Волвенко, Масленников, 1997; Григорьева, Кашенко, 2010) с общим размахом колебаний 23.5°C (Гайко, 2005). Максимальные температуры отмечены в августе. Устойчивый переход температуры воды через 0°C происходит в конце марта – начале апреля и во второй декаде декабря.

Нами выявлено, что в течение 2017–2021 гг. в б. Тихая Заводь средние величины температуры воды у дна изменялись от -0.12 до $+21.23^{\circ}\text{C}$. Общий размах колебаний варьировал от -1.4 до $+27.2^{\circ}\text{C}$. Дисперсия изменялась от 1.2 до 15.0 и имела вид робастной функции, причем максимумы дисперсии приходились на май (4.2), июль (6.3) и октябрь (15.0). Следует отметить, что в сентябре – ноябре показатели дисперсии были максимальными и составили 7.1–15.0 (против 3.0–3.3 по ежесуточным наблюдениям). Таким образом, для ежечасных наблюдений мы получили более высокие показатели дисперсии, при более плотных наблюдениях температура воды варьирует гораздо интенсивнее, чем было выявлено ранее при ежесуточных наблюдениях (Григорьева, Кашенко, 2010).

Известно, что годовая цикличность температуры воды особенно ярко выражена в поверхностных слоях воды. С глубиной амплитуда сезонных изменений, как правило, убывает, но в зал. Петра Великого в горизонтах 5–10 м размах сезонных колебаний температуры воды довольно высок и составляет $19\text{--}20^{\circ}\text{C}$ (Лучин и др., 2005). Наше исследование указывает не на затухание, а, напротив, на увеличение изменчивости в данных горизонтах, которые для залива в целом являются подповерхностными. Возможно, это происходит из-за увеличивающейся в последние годы горизонтальной адвекции в Японском море, которая приводит к увеличению амплитуд температур, превосходящих амплитуды изменений всех других масштабов (Зуенко, 2002; Хен и др., 2004; Лучин, 2007). Поскольку механизм долгопериодной изменчивости температуры на шельфе Приморья изучен слабо, а причинные связи не установлены, это позволяет нам только отметить тенденции, описанные выше.

Следует отметить, что при исследованиях межгодовых изменений температуры воды, в декабре–январе 2018–2020 гг. в отдельные дни в придонных слоях наблюдались положительные температуры. Зимой 2019–2020 гг. отрицательные значения стали фиксироваться только с 10 января 2020 г. Ранее данный феномен положительных придонных температур в зимний период был выявлен в Амурском заливе и б. Новикова Русский (Буров и др., 2014; Лазарюк и др., 2021). Его объясняют тем, что донные осадки аккумулируют тепло в течение теплого периода года (с апреля по сентябрь) и затем возвращают его в вышележащий слой воды. Таким образом, благодаря теплообмену с прогретыми летом донными отложениями на мелководных участках в зимнее время наблюдаются положительные температуры воды. К примеру, в Амурском заливе на глубине 7 м максимум теплового потока (до 12 Вт/м^2) от донных осадков наблюдается в декабре, а затем постепенно снижается в последующие зимние месяцы (Буров и др., 2014).

Поскольку классический статистический анализ не исследует меру рассеивания анализируемых процессов, мы рассчитали энтропию, которая является количественной мерой наступления тех или иных сроков и позволяет сравнивать временные ряды событий между собой. В научных исследованиях энтропию применяют во многих областях, в биологии ее используют для исследования фенологических процессов и изучения термодинамики биологических процессов как меры упорядоченности состояний экосистем (Рубин, 1984; Demirel, 2007). Согласно полученным результатам, при прогреве воды энтропия дат перехода температуры через 0°C составила 1.6 бита, через 5°C – 0.8 бита, через 10°C – 2.0 бита, через 20°C – 1.5 бита. Эти цифры показывают, что переход температуры воды через 5 и 20°C проходит в более сжатые сроки, чем остальные.

Напротив, осенне-зимние сроки перехода температуры через 20, 10, 5 и 0°C в б. Тихая Заводь оказались очень растянутыми во времени, энтропия дат перехода температур составила 2.3 бита, т.е. в течение 2017–2021 гг. все эти даты наступали в разное время и оказались сильно растянутыми в своих временных промежутках, которые составляли около 25–30 дней. По результатам более ранних исследований, в зал. Петра Великого охлаждение воды идет крайне неравномерно: прогретой до 20°C вода может сохраняться до октября, а наступление зимнего периода может смещаться с начала декабря на его конец (Волвенко, Масленников, 1997; Гайко, 2005).

Таким образом, расчеты математического ожидания и дисперсии дали возможность исследовать особенности сезонной динамики температуры воды в мелководной зоне зал. Восток. Представленный энтропийный анализ рядов ежечасных длительных наблюдений позволил оценить наступление сроков переходов придонной температуры через 0, 5, 10 и 20°C более детально. Данные подробные исследования позволят сравнивать конкретные биотопы в разных географических районах Дальнего Востока, что даст более качественную оценку большому видовому богатству и биоразнообразию прибрежных акваторий зал. Петра Великого.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 21-74-30004 "Разработка современных подходов к созданию технологий устойчивого культивирования и воспроизводства ценных морских гидробионтов" (рук. И.Ю. Долматов).

УНИКАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ЭУКОНОДОНТОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ЭВОЛЮЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНЫХ

Г. И. Гуравская¹, А. П. Касаткина²

¹*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток;*

²*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО*

РАН, г. Владивосток

buryi@mail.ru, apkas@mail.ru

Эуконоднты – группа небольших (18–55 мм), предположительно вымерших, животных. В палеонтологической летописи это важная ортостратиграфическая группа для определения возраста слоев палеозоя, так как многочисленные зубовидные элементы этих организмов насчитывают до тысяч экземпляров на 1 см³. Помимо отдельных зубов обнаружены полные отпечатки эуконодонтовых животных [ЭЖ]. Представление о принадлежности их к какой-либо группе современных животных отражало в основном две концепции, согласно которым ЭЖ являются или примитивными позвоночными животными (близкими к ланцетнику), или похожими по простоте внешней организации на хетогнат [СН]. Однако ни в одной из концепций не было данных о строении поверхностной нервной системы ЭЖ. Цель данной работы – восполнить этот существенный пробел в изучении конодонтов и их положения в общей системе животного мира.

Результаты. Экземпляр отпечатка ЭЖ из Приполярного Урала исследовали на сканирующем микроскопе (СЭМ) ZEISS EVO SOXVP. Уникальность экземпляра состоит в том, что в отличие от остальных отпечатков, он был полностью вскрыт с поверхности, за исключением самой верхушки его переднего конца. Вся основная поверхность тела представляет собой бугорчатое образование – эпителиальные клетки покрывают мышцы, отстоящие друг от друга на равное расстояние. Поверхность пищевого мешка отличается: у нее отсутствует бугорчатость, так как мышцы мешка имеют иное расположение. Обнаженные участки тела обнаруживаются на туловище и латеральнее, на поверхности пищевого мешка видны многочисленные границы клеток полигональной формы. Поверх клеток располагаются волокнистые структуры двух видов, отличающиеся диаметром и особенностями расположения. Так, на многих участках видны четко очерченные волокна диаметром 1–3 мкм, длиной от 10 до 107 мкм. Волокна могут начинаться от расширения диаметром около 5 мкм, по ходу своего расположения становятся более тонкими и могут давать ответвления. Наблюдаемые структуры, предположительно, представляют собой нервные волокна, отходящие от тел нейронов. На некоторых участках можно видеть

контакты между нейронами. Волокнистые структуры второго типа имеют диаметр около 0.5 мкм и располагаются пучками, ориентированными примерно в одном направлении по диагонали от головного конца к хвостовому. Предположительно, структуры этого типа представляют собой мышечные пучки, образующие мускулатуру тела. В таких тонких волокнах часто наблюдается расширенная центральная часть, которая может соответствовать ядродержащей части мышечных элементов. Отростки нервных клеток направлены к пучкам мышечных элементов, осуществляя, по-видимому, их иннервацию. Таким образом, изученные животные обладают расположенной под покровами нервной системой, тесно связанной с мускулатурой тела. Интраэпителиальная (субэпидермальная) нервная система известна у щетинкочелюстных (Furnestine, 1967), кишечнодышащих и некоторых других беспозвоночных животных (Иванова-Казас, 1978). При этом типе строения нервная трубка в теле отсутствует. Полученные результаты свидетельствуют о том, что по типу строения эуконодонты являются беспозвоночными животными.

Заключение. Ультрамикроскопическое исследование наружной поверхности тела ЭЖ показало, что они обладают периферической нервной системой, что позволяет осуществлять иннервацию организма в отсутствие у ЭЖ нервной трубки.

Полученные результаты свидетельствуют, что по типу строения эуконодонты относятся к беспозвоночным животным.

Исследование общей сравнительной морфологии ЭЖ и хордовых показало несостоятельность концепции принадлежности ЭЖ к типу хордовых, что также подтверждается полученными нами результатами.

Результаты настоящего исследования выявили ещё один признак сходства ЭЖ и СН: субэпидермальная нервная система. Возможно, сходство может свидетельствовать об их происхождении от общего предка: Chaetodonta (Kassatkina, Buryi, 1997).

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ШТАММОВ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Д. В. Дашков¹, Е. А. Богатыренко¹, А. В. Ким^{1,2}, Т. И. Дункай^{1,3}

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;

*²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток;*

*³Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток*

dashkov.dv@dvfu.ru

Для экосистемы Японского моря отмечается высокая степень антропогенного воздействия, связанная с увеличением численности населения, урбанизацией побережий, активным судоходством, индустриализацией и развитием туризма. На берегах зал. Петра Великого, самого крупного залива российского побережья Японского моря, расположены порты Владивосток, Находка, Большой Камень и Посыет, а также специализированный морской нефтеналивной порт Козьмино. В большинстве прибрежных акваторий зал. Петра Великого отмечается высокое содержание нефтяных углеводородов.

Одним из перспективных способов борьбы с загрязнением морей является биоремедиация, представляющая собой совокупность методов очистки окружающей среды за счет биохимической активности различных живых объектов, в том числе, морских микроорганизмов и микроорганизмов нефтяных залежей. Известно, что более высокоорганизованные формы организмов не могут осуществлять полную деструкцию углеводородов нефти, поэтому очень велико экологическое значение бактерий, как разрушителей углеводородов нефти в море.

На данный момент метаболический потенциал углеводородокисляющих микроорганизмов Японского моря слабо изучен, что говорит об актуальности его исследования.

Материалом для работы послужили пробы поверхностных вод и верхнего окисленного слоя донных осадков Японского моря, полученные в 2018 и 2019 гг. в ходе экспедиционных работ на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (рейсы № 81 и № 88), а также в ходе береговых экспедиций. Для получения из соответствующих природных образцов накопительных культур углеводородокисляющих бактерий (УВОБ) донные осадки и фильтры с биомассой помещали в селективную минеральную среду Ворошиловой-Диановой со стерильным флотским мазутом (2.5%) в качестве единственного источника углерода в составе. Инкубацию

проводили в течение 10 сут при температуре 22°C. Для получения чистых культур УВОБ проводили высев на аналогичную агаризованную среду и выращивали в тех же условиях.

Для оценки способности бактериальных штаммов к окислению углеводов нефти использовали модельную смесь на основе коммерчески доступного летнего дизельного топлива сорта С, вид III (ДТ – Л – К5), ГОСТ Р 52368 – 2005 (ЕН 590:2009). В стерильном дизельном топливе объемом 1 л растворяли дополнительно 8 ммоль химически чистого нафталина, антрацена и фенантрена. Инкубацию проводили в течение 28 сут при температуре 22°C. Экстракцию проводили с помощью трихлорметана (химически чистый, перегнанный) на 1, 3, 5, 7, 14, 21 и 28 сут. Далее работа производилась с помощью хромато-масс-спектрометрического анализа. Степень утилизации бактериями углеводов выражали в процентах и оценивали по изменению концентрации компонентов модельной смеси углеводов по отношению к исходным значениям в процессе инкубации.

Исследуемые штаммы бактерий, независимо от видовой принадлежности и района выделения, проявили высокую окислительную способность в отношении разложения n-алканов (C₉ – C₂₇), а также фитана и пристана. В первую очередь бактерии расщепляли коротко- (C₉ – 14) и длинноцепочечные (C₂₁ – 27) алканы, а к разложению углеводов C₁₅ – C₂₀, включая фитан и пристан переходили спустя 14 сут эксперимента.

Так же независимо от видовой принадлежности и района выделения, полученные штаммы бактерий с высокой эффективностью (до 100%) разлагали полициклические ароматические углеводороды. В первую очередь микроорганизмы окисляли нафталин и антрацен, а с 14 сут эксперимента переходили на использование фенантрена.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Л. В. Дегтярева

*Каспийский морской научно-исследовательский центр, г. Астрахань
kaspimiz@mail.ru*

Биоиндикация, как определение биологически значимых нагрузок исходя из реакций на них организмов и их сообществ, имеет важное прикладное значение. Использование методов биоиндикации для оценки экологического состояния водных объектов, находящихся под воздействием антропогенных факторов, позволяет наиболее точно определить качество среды. Однако исследования с применением методов биоиндикации для оценки состояния Северного Каспия, экосистемы, находящейся под интенсивным антропогенным влиянием, крайне малочисленны.

В данной работе анализируются методологические трудности применения методов биоиндикации для оценки качества северо-каспийских вод.

Практическое применение методов биоиндикации показало, что их использование требует предварительной региональной адаптации, в ходе которой необходимо провести корректировку списков индикаторных видов и их классификацию по экологическим группам; определить экологическую валентность видов, их резистентность к изменению абиотических факторов среды; выделить контрольные (эталонные) участки; провести калибровку оценочных шкал (границ классов качества) с учетом особенностей данной экосистемы.

Применение методов биоиндикации более перспективно для зообентоса, так как эта группа организмов наиболее статична. При использовании методов биоиндикации в Северном Каспии следует учитывать мозаичность распределения северо-каспийских бентонтов в зависимости от характера грунта, величин солености, содержания кислорода и уровня накопления органического вещества в донных отложениях, а также сезонную динамику видов, обусловленную выеданием рыбами.

Выделение индикаторных видов в северо-каспийском бентосном сообществе затруднено отсутствием данных о реакции гидробионтов на широкий спектр загрязняющих веществ. В настоящий момент изучено только влияние тяжелых металлов на северо-каспийских бентонтов. Требуется изучение ответных реакций организмов на загрязнение приоритетными для исследуемой акватории токсикантами – нефтяными углеводородами, полиароматическими углеводородами и

синтетическими поверхностно-активными веществами, кроме того, отдельные участки Северного Каспия относятся к эвтрофным аквасистемам, поэтому в этот список необходимо включить и биогенное загрязнение.

Классификация северо-каспийского бентоса по экологическим группам не завершена. Наряду с достаточно полной характеристикой видов бентоса по отношению к солености у многих видов северо-каспийских бентонтов слабо изучена их приуроченность к типу грунта. При детальной изученности толерантности червей, ракообразных и хирономид к кислороду, экологическая валентность к кислороду моллюсков, доминирующей группы бентосных организмов в Северном Каспии, не установлена. Не выявлено отношение большинства бентонтов к уровню накопления органического вещества в донных отложениях. Не определена толерантность северо-каспийских бентосных организмов к содержанию биогенных веществ. По этим причинам невозможно провести и сапробиологическую классификацию бентоса.

Проблемой является и отсутствие шкалы оценки экологического значения отдельного вида в бентосном сообществе. Выделение границ между классами качества вод по гидробиологическим показателям в Северном Каспии требует дополнительных исследований по установлению зон оптимума для экологических факторов. В дальнейшем оценочная шкала по гидробиологическим показателям требует сопряжения с уже существующим ранжированием качества вод по химическим показателям.

Методологические трудности биоиндикации для оценки состояния экосистемы Северного Каспия связаны и с пространственно-временной дифференциацией условий морской среды. Изменение гидролого-гидрохимических и геохимических параметров в Северном Каспии зависит, прежде всего, от стока р. Волги, который, в свою очередь, характеризуется сложной сезонной и межгодовой динамикой. Соответственно степень загрязнения и трофический статус разных участков акватории изменяются как в течение года, так и в многолетнем аспекте. В связи с этим возникает необходимость выделения на основании регулярных гидрохимических и геохимических исследований контрольных (эталонных) участков с благоприятными для бентоса экологическими условиями.

Необходимо добавить, что отсутствие методических обоснований по регионально адаптированной интерпретации полученных данных затрудняет применение даже тех индексов и способов биоиндикации, которые можно рассчитать, имея только количественные показатели бентоса (численность, биомассу и частоту встречаемости), например, индексы биоразнообразия, индексы сходства, графические способы распределения данных и проч.

Таким образом, для оценки качества вод в Северном Каспии способами биоиндикации необходимы комплексные исследования по гидрохимии, геохимии и гидробиологии, направленные на детекцию экологической валентности гидробионтов к наиболее важным экологическим факторам, с обязательным выделением зон оптимума и выделением границ между классами качества вод по гидробиологическим показателям, а также на пространственно-временную дифференциацию условий морской среды для идентификации контрольных (эталонных) участков с благоприятными для бентоса условиями среды.

**ВИДОВОЙ СОСТАВ АМФИПОД С СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО
ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА САХАЛИН (ОХОТСКОЕ МОРЕ)**

Н. Л. Демченко¹, И. А. Щербаков¹, В. В. Ивин^{1,2}

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

²*Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-
исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
(ГосНИОРХ им. Л.С. Берга), г. Санкт-Петербург
demnal@hotmail.com*

Амфиподы или разноногие раки – это многочисленный, разнообразный и сложный в систематическом отношении отряд высших ракообразных, который по последним оценкам насчитывает около 10000 видов (Appelants et al., 2012). Морская фауна амфипод представлена намного богаче и лишь 20% от всех известных видов и подвидов амфипод обитают в пресных и подземных водах (Coleman, 2015; Horton, Lowry et al., 2016). Разнообразие жизненных циклов и стратегий пищевого поведения амфипод позволяет им населять различные биотопы (Sainte-Marie, 1991; Dauby, Scailteur et al., 2001). Они населяют дно и пелагиаль Мирового океана от супралиторали до абиссали (Булычева, 1957). Состав и распределение амфипод на шельфе и верхней части склона восточного Сахалина подробно изучены Л. Л. Будниковой и Р. Г. Безруковым (2003) в диапазоне глубин 17–280 м. В данной работе мы попытались объединить и проанализировать все опубликованные списки видов амфипод с северо-восточного побережья о-ва Сахалин (Охотское море), включая лагунных и литоральных амфипод. Впервые по собственным и литературным данным для исследуемого района составлен полный список видов амфипод (Кусакин и др., 1997; Фадеев, 2002; Будникова, Безруков, 2003; Кафанов и др., 2003; Мощенко и др., 2005; Demchenko, 2007; Демченко, Фадеев, 2011; Demchenko, Ivin, 2012; Лабай, 2015). По сходству видового состава отчетливо выделяются 4 комплекса видов: лагунный, прилагунный, морской и переходный комплекс между прилагунным и морским (район нефтяной платформы Моликпак), которые очевидно обусловлены градиентом солености. Видовое разнообразие амфипод возрастает при увеличении солености. Ранее нами была определена граница между эвгалинной и полигалинной зонами по амфиподам этого района по изогалине около 31 ‰ (Демченко, Фадеев, 2011). Полученный нами список видов амфипод для исследуемого района (~169 видов) достаточно полный (кривая выходит на плато). Несмотря на это, остаются виды до сих пор не идентифицированные (~26% от общего числа видов).

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕГАБЕНТОСА В КАРСКОМ МОРЕ

С. Г. Денисенко¹, О. Л. Зимина²

¹Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург;

²Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск,
Stanislav.denisenko@zin.ru

В настоящее время видовой состав зообентоса в арктических морях России более или менее изучен, исследователи зарегистрировали в этих водах порядка 4200 видов многоклеточных беспозвоночных (List of species..., 2001). Предполагается, что еще несколько сотен могут оставаться неизвестными, если не для науки, то для Арктического региона в целом. Максимальное количество видов зарегистрировано в Баренцевом и Карском морях, на которые благоприятно воздействует северо-восточная Атлантика – современный, в геохронологических масштабах, центр видообразования.

Достаточно большое количество экспедиций, выполненных в Карском море в прошлом столетии, позволяет утверждать, что там обитает до 1285 видов макро- и мегабентоса (List of species..., 2001). Вместе с тем, информация о донной фауне из дражных и траловых уловов в прежние годы опубликована лишь частично, и ее очень мало в современных публикациях (Козловский, 2012; Галкин, 2015; Зимина, Сёмин, 2015; Веденин, 2017). При этом значимость таких сведений явно недооценена, поскольку именно представители морской мегафауны, добытой с использованием драг и тралов, общепризнано рассматриваются в качестве надежных индикаторов уязвимых морских экосистем.

Настоящее исследование направлено на оценку видового богатства мегабентоса в Карском море и основано на анализе архивных материалов бентосных сборов на 274 станциях, выполненных преимущественно тралом Сигсби и исследовательскими драгами на всей акватории моря в 1930–1936 гг., и на 93 станциях, выполненных преимущественно ихтиологическим тралом ДТ № 2387.02.155 в юго-западной части моря в 2012 г. В уловах 30-х годов прошлого столетия обнаружено 863 таксона. Из них губки представлены 12 таксонами, кишечнополостные – 73 (из них Hydrozoa – 56), кольчатые черви – 150, морские пауки – 22, ракообразные – 237 (из них Amphipoda – 168, Cumacea – 20, Decapoda – 14 и Isopoda – 23), моллюски – 132 (из них Bivalvia – 60, Gasropoda – 63), мшанки – 151, иглокожие – 56, асцидии – 23, прочие менее многочисленные группы – 45. В уловах 2012 г. обнаружено 212 таксонов. Из них губки представлены 11 таксонами, кишечнополостные – 9, кольчатые черви – 52, морские пауки – 13, ракообразные – 44, моллюски – 41, мшанки – 4, иглокожие – 27, асцидии

– 5 и прочие менее многочисленные группы – 6. В среднем объем крупных таксонов, обнаруженных в 2012 г., примерно в 5 раз меньше, чем в 30-е годы прошлого столетия, за исключением группы мшанок, разница в видовом разнообразии которых составила более 30 крат, что, по-видимому, объясняется неполной идентификацией бриозоологического материала в 2012 г.

Несмотря на различия в районах исследований, разный объем сравниваемого материала, разные по площади опробования орудия лова и, возможно, разную квалификацию таксономистов, идентифицировавших выловленных животных, результаты нанесения на карту локальных максимумов альфа-разнообразия для сравниваемых периодов исследований дали примерно одинаковые результаты. Локальные максимумы наибольшего видового богатства оказались приуроченными к зонам взаимодействия теплых и холодных вод вдоль восточных склонов основных мелководий.

Моделирование пространственного расположения этих районов с применением программы MAXENT показало, что зона наибольшего разнообразия видов может быть распространена в Карском море несколько шире, чем это показывает картирование фактического материала, особенно в северной части водоема. Из факторов среды, вклад которых по убыванию в вероятность местонахождения комплексов превышает 5%, выделяются содержание фитопланктона в придонном слое, минимальная среднегодовая температура, размах варьирования среднегодовой температуры, размах варьирования содержания кислорода и среднегодовая первичная продукция. Выборочно-перестановочный тест выделяет несколько иной состав наиболее значимых переменных по убыванию: размах варьирования среднегодовой температуры, размах варьирования содержания кислорода, минимальная температура, размах варьирования содержания фитопланктона и среднегодовая концентрация растворенного кислорода.

Вычисление теоретически предельного количества видов зообентоса для Карского моря разными методами (Chao 2, Jackknife, Bootstrap, Michaelis-Menten), как и ожидалось, дало разные результаты для массивов данных 30-х годов прошлого столетия и 2012 г. Разбивка обоих массивов на случайные выборки, включающие 80, 60, 40 и 20% имеющихся в них станций, обнаружила, что изменения вышеперечисленных показателей в зависимости от объемов выборок хорошо аппроксимируются асимптотическими кривыми. Судя по коэффициенту детерминации и индексу Akaike, наилучшую аппроксимацию для 30-х годов дает уравнение Хилла, асимптота которого составляет 1372 ± 121 таксонов, а для 2012 г. – уравнения Мигелиса-Ментена и Хилла, с соответствующими асимптотами – 1301 ± 126 и 1288 ± 80 таксонов. Полученные значения мало отличаются от

вышеуказанной экспертной оценки – 1285 (List of species..., 2001). Однако, следует отметить, что данная оценка почти полностью была основана на анализе траловых и дражных уловов зообентоса. Общеизвестных дночерпательных коллекций и соответствующих архивных материалов из Карского моря к моменту публикации названного списка просто не было, поскольку масштабные количественные исследования зообентоса в водоеме начались только со второй половины 90-х годов прошлого столетия.

Из изложенного следует, что полученные нами результаты характеризуют в основном биоразнообразие мегабентоса Карского моря. Тралы и драги поднимают на борт судов в основном представителей именно этой размерной группы донных беспозвоночных, а более мелкие организмы макробентоса и молодь более крупных животных вымываются сквозь сетную ячею этих орудий лова. Поэтому, реальное количество обитающих в водоеме видов беспозвоночных, которое включает наряду с мегабентосом еще и макробентос, может быть существенно больше, по предварительным оценкам – на 50%.

НОВАЯ АНТРОПОГЕННАЯ УГРОЗА: ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЛИМЕРЫ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

*Н. В. Довженко, А. А. Мазур, С. П. Кукла, В. В. Слободскова,
А. А. Истомина, А. Ф. Жуковская, В. П. Челомин*
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО
РАН, г. Владивосток
doreme_07@mail.ru

В последнее время проблема микропластика (МП) широко обсуждается в профильных научных и околонучных изданиях. Число исследовательских групп, работающих в этой области, а также количество опубликованных статей и проведенных международных конференций стремительно растет из года в год. Это, безусловно, свидетельствует о высокой актуальности проблемы МП.

Анализ массива научных данных показывает, что усилия многочисленных исследований направлены, главным образом, на интенсивный мониторинг микрочастиц пластика в различных биотических и абиотических средах, выявление регионов с их высокой концентрацией, изучение изменений во времени (трендов) и оценку риска передачи МП по пищевым цепям. В результате этих исследований стало очевидным, что распространение как первичного, так и вторичного МП носит глобальный характер, а частицы МП зарегистрированы во всех средах (вода, суша, воздух и биота). В Мировом океане фрагменты МП уже зафиксировали на дне глубоководных впадин, в водах Северного Ледовитого и Южного океанов. Более того, МП обнаружен в представителях разных таксонов (более тысячи видов) разного трофического уровня.

Глобальные масштабы распространения частиц МП в биосфере стимулировали исследования токсикологических эффектов синтетических полимеров при их заглатывании и проникновении в пищеварительную систему разных видов организмов. Однако до сих пор исследования экотоксикологических проявлений микропластика малочисленны, их результаты противоречивы и находятся на стадии становления и развития, что объясняется относительно недавно возникшим со стороны ученых интересом к этой проблеме.

В рамках рассматриваемой проблемы проведены модельные (аквариумные) эксперименты на морских беспозвоночных, принадлежащих к разным систематическим группам: двустворчатый моллюск *Mytilus trossulus* (фильтратор), брюхоногий моллюск *Tegula rustica* (скоблящий поверхности) и плоский морской еж *Scaphechinus mirabilis*. В экспериментах использовали крупные фрагменты пластика и микросфер полистирола, позволяющие наиболее наглядно оценить

химическую опасность, которую несет пластик, оказавшийся в морской среде.

Цель данной работы состояла в том, чтобы на основе биохимических маркеров окислительного стресса исследовать потенциальный риск воздействия искусственных полимеров на чувствительность к загрязнению гамет и клеток жабр и пищеварительной железы морских организмов.

Результаты наших исследований показали, что, кроме потенциальной физической опасности, циркулирующие в морской воде частицы микропластика представляют очень серьезную экотоксикологическую угрозу. В экспериментальных условиях микрочастицы и макрофрагменты полимеров, в частности разных типов полистирола, вызывали у морских беспозвоночных на молекулярно-биохимическом уровне различные сублетальные эффекты. Показано, что даже при кратковременном воздействии фрагменты пластика оказывают влияние на активность АО системы, индуцируют образование АФК и стимулируют развитие окислительного стресса (ПОЛ, дестабилизация мембран лизосом).

В ходе проведенного исследования получены данные о генотоксичности микросфер полистирола при воздействии на сперматозоиды плоского морского ежа *S. mirabilis*. При экспозиции в воде с добавлением относительно низких концентраций микросфер полистирола даже при кратковременном воздействии разных концентраций микропластика обнаружены статистически значимые отличия от контрольных показателей доли поврежденной ДНК сперматозоидов. Следует отметить, что микросферы полистирола не оказывали существенного воздействия ни на подвижность сперматозоидов морского ежа, ни на сам процесс оплодотворения.

Учитывая характер проведенных нами модельных экспериментов, есть все основания полагать, что химический фактор стал ведущим фактором, определяющим биохимические сдвиги у экспериментальных мидий. Другими словами, пластик является источником химических веществ, вызывающих у животных развитие процессов окислительного стресса и проявляющих генотоксичность. Наши экспериментальные результаты дают основание полагать, что синтетические полимеры представляют реальную опасность не только в результате поглощения биотой, но и опосредованно, через широкий спектр высокотоксичных химических веществ, эндогенного и экзогенного происхождения.

В связи с этим следует уделить больше внимания экспериментальному подходу по моделированию воздействия МП на живые системы, применяя частицы разных типов пластика и оценивая их биологическую активность на молекулярно-биохимическом уровне.

**МОДУЛЯЦИЯ ЭКСПРЕССИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ
РЕЦЕПТОРОВ К РАСТИТЕЛЬНЫМ ЛЕКТИНАМ
СТИМУЛЯТОРАМИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МАКРОФАГОВ В
ФАГОЦИТАХ ГОЛОТУРИИ *EUPENTACTA FRAUDATRIX* ПРИ
ЗАЖИВЛЕНИИ РАН**

Л. С. Долматова

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

Голотурии проявляют высокую способность к регенерации утраченных частей тела и эффективному заживлению ран (Долматов и др., 2014). Важную роль в регуляции восстановления тканей играет иммунная система (Юшков, 2017). У позвоночных ведущую роль в этих процессах играют макрофаги, меняющие свой фенотип (M1 или M2) на разных стадиях заживления: M1 вносит вклад в реализацию первой провоспалительной фазы, а M2 участвует в дальнейшей стадии восстановления тканей (Wu et al., 2020). Макрофаги M1 и M2 различаются, в частности, маркерами, у первых высок уровень продукции NO, у вторых – высокая активность аргиназы. Кроме того, M1 макрофаги отличаются такими фенотипическими характеристиками, как поверхностные маркеры CD64 и CD80, а M2 макрофаги характеризуются наличием CD64 и CD209 (Dolmatova, Dolmatov, 2021). Стимуляция макрофагов к поляризации по M1 или M2 пути может быть индуцирована некоторыми препаратами. В частности, поляризацию по M1 пути стимулируют бактериальный липополисахарид совместно с интерфероном (IFN)- γ , гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор (ГМ-КСФ), фактор некроза опухолей (ФНО)- α и ряд других (Fraternal et al., 2015). Фагоциты голотурий также участвуют в заживлении ран (Ramírez-Gómez et al., 2010), в частности, при стимуляции заживления новым экстрактом из голотурий (ЭГ) (Долматова, Уланова, 2014). Кроме того, они подразделяются на две субпопуляции: Ф1 и Ф2 фагоциты, которые, подобно M1 и M2 макрофагам, соответственно имеют высокий уровень NO или высокую активность аргиназы (Долматова и др., 2019). Однако у беспозвоночных отсутствуют поверхностные маркеры фагоцитов, описанные у позвоночных, в связи с чем часто для фенотипирования клеток применяют метод определения флуоресценции меченых флуоресцеин-5-изотиоцианатом (ФИТЦ) конъюгатов растительных лектинов со специфичными углеводными остатками белков на поверхности клеток. У голотурии *Eupentacta fraudatrix* были определены фенотипы нормальных Ф1 и Ф2 фагоцитов по уровню связывания лектинов и установлена

возможность их разнонаправленных изменений при воздействии стрессового фактора – термостабильного летального токсина бактерии *Yersinia pseudotuberculosis* (Долматова и др., 2021). Возможность трансформации фенотипов Ф1 и Ф2 фагоцитов при заживлении ран у голотурии не исследована.

Целью данной работы явилось выявление и анализ изменений связывания растительных лектинов с поверхностными рецепторами Ф1 и Ф2 фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix* при заживлении ран под воздействием ЭГ и известных стимуляторов поляризации макрофагов.

Голотурию *E. fraudatrix* с длиной тела 4–6 см собирали в весенний период в зал. Восток (зал. Петра Великого, Японское море). ЭГ получали из тканей голотурии по методу, описанному ранее (Dolmatova et al., 2014). Поверхностный надрез производили скальпелем. Животным ($n = 4$) одновременно с помощью шприца вводили в целомическую полость препараты ГМ-КСФ, ФНО- α и ЭГ. Контрольным животным (без ранения) вводили фосфатно-солевой буфер с добавлением 36 г/л NaCl. Через 24 ч у животных отбирали целомическую жидкость, из которой выделяли фагоциты двух типов центрифугированием в градиенте фиколла-верографина (Dolmatova et al., 2003). Окрашивание клеток ФИТЦ-мечеными лектинами из *Arachis hypogaea* (PNA), *Glycin max* (SBA), *Dolichos biflorus* (DBA) и *Canavalia ensiformis* (con A) проводили по методу, предложенному McKenzie, Preston (1992). Исследование флуоресценции конъюгатов (не менее 100 клеток в каждой повторности) проводили с использованием микроскопа Leica DM 4500 (Weltzar, Германия). Различия между группами определяли методом *одновариантного* анализа (one-way ANOVA) с использованием *t*-критерия Стьюдента. Разницу между группами считали достоверной при $p < 0.05$.

Ранение вызывало в Ф1 фагоцитах значительное (почти трехкратное) увеличение связывания con A и двукратное снижение связывания SBA, достоверной разницы в связывании DBA и PNA не выявлено. В Ф2 фагоцитах изменение отмечено только в связывании DBA, которое снизилось на 30%. Рецепторы к кон A экспрессируются при апоптозе или аутофагии (Seco-Rovira et al., 2013) в ответ на увеличение продукции активных форм кислорода, поэтому увеличение связывания этого лектина при ранении указывает на активацию Ф1 фагоцитов. В то же время снижение связывания SBA, уровень которого находится в прямом соотношении со зрелостью клеток (Krugluger et al., 1990), свидетельствует в пользу представления о том, что в пуле Ф1 фагоцитов, в связи с рекрутизацией их в ткани, возрастает число незрелых клеток. Наряду с отсутствием существенных изменений фенотипа Ф2 фагоцитов, эти данные свидетельствуют об участии Ф1 фагоцитов в воспалительных процессах при ранении. ГМ-КСФ предотвращал связанное с ранением возрастание связывания con A в фагоцитах Ф1, но повышал его в Ф2

фагоцитах, что может свидетельствовать о трансформации под его влиянием Ф2 фагоцитов в Ф1 тип. ФНО- α также снижал возрастание уровня связывания сср А в фагоцитах Ф1, но не влиял на его значение в Ф2 фагоцитах. Оба вещества снижали связывание ДВА поверхностными рецепторами Ф1 фагоцитов, но повышали в Ф2 фагоцитах. ДВА является апоптотическим маркером клеток у позвоночных (Dini et al., 1993; Seco-Rovira et al., 2013). По-видимому, ГМ-КСФ и ФНО- α снижали апоптоз в Ф1 фагоцитах, но стимулировали его в Ф2 фагоцитах, что отражает активацию Ф2 фагоцитов, но способствует сдвигу соотношения Ф1 и Ф2 фагоцитов в пользу первых. ФНО- α является регулятором интенсивности воспаления и пролиферации кератиноцитов и фибробластов и в последнее время начал применяться для стимуляции заживления ран (Ольшницкая и др., 2014). ГМ-КСФ проявляет антибактериальную активность, но не способствует заживлению ран (Hu et al., 2011; Castro-Dopico et al., 2020). Вместе с тем, в последнее время появились данные, что макрофаги под воздействием ГМ-КСФ имеют признаки как М1, так и М2 типа (Willart et al., 2012; Dabritz, 2015). Отмечены сложность взаимоотношения ГМ-КСФ с другими цитокинами и различия эффекта в зависимости от типа клеток, а также неоднозначность результатов его способности повышать выживаемость клеток на фоне снижения их активности, которые требуют дальнейшего изучения (Hamilton, 2019). Оба фактора, ГМ-КСФ и ФНО- α , проявляли сходную способность влиять на фенотип фагоцитов голотурии. ЭГ, подобно ГМ-КСФ, снижал влияние ранения на уровень сср А в Ф1 фагоцитах, но стимулировал возрастание связывания сср А в Ф2 фагоцитах. В отличие от ГМ-КСФ и ФНО- α , ЭГ стимулировал связывание ДВА в Ф1 и снижал в Ф2 фагоцитах раненых животных. По-видимому, сдвиг в соотношении Ф1 и Ф2 фагоцитов в пользу вторых под влиянием ЭГ может лежать в основе его ранозаживляющего действия и давать ему преимущество перед использованием цитокинов при заживлении ран.

**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РОСТ И
СМЕРТНОСТЬ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS*
(SCORPAENIDAE) У БЕРЕГОВ КРЫМА В СОВРЕМЕННЫХ
УСЛОВИЯХ**

П. И. Дончик, Д. Н. Куцын

*Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
Donchik.1997@yandex.ru*

Морской ерш *Scorpaena porcus* (Linnaeus 1758) – демерсальный вид рыб из семейства скорпеновых (Scorpaenidae). Распространен в европейской и африканской части Атлантического океана, в Средиземном и смежных с ним морях, в Мраморном море, а также в Босфоре, массовый вид в Черном море. Изучение и мониторинг биологических показателей *S. porcus* остается актуальной задачей в связи с климатическими изменениями и антропогенной нагрузкой.

Цель работы – изучить половую и размерно-возрастную структуру, рост и смертность *S. porcus* у берегов Крыма.

Материал собран в период с июня 2020 г. по июль 2021 г. у берегов Севастополя от б. Омега до б. Матюшенко. Рыб отлавливали донными неводами (ячея 12 мм) на глубинах от 2 до 20 м. Объём исследованного материала составил 500 экз., для 492 экз. определен возраст. Биологический анализ включал определение пола, а также измерение длины (общей – TL , по Смитту – FL и стандартной – SL) с точностью 0.1 см и общей массы тела с точностью 0.1 г и. Возраст определяли по отолитам. После очистки и просушки их просматривали в отражённом свете на тёмном фоне при 20-кратном увеличении. Годовым кольцом считали границу между внешним краем транслюцентной (тёмной) зоны и внутренним краем опаковой (светлой) (Mesa et al., 2010). Рассчитывали индексы роста по формулам: $\phi = \lg k + 2 \lg L_{\infty}$, $G_{init} = L_{\infty} k$.

Соотношение полов *S. porcus* в уловах смещено в сторону самок и составляет 1.00 : 0.67, различия с равным соотношением полов статистически значимы ($\chi^2 = 33.3$, $p < 0.05$). Максимальный возраст самок составил 12 лет, самцов – 11 лет. В возрастных группах от 1 до 3 лет соотношение полов близко к 1, однако в возрасте от 4 до 12 лет чаще доминируют самки. В уловах отмечены самки TL 9.1–26.9 см (в среднем 16.0 ± 0.18 см) самцы – 8.4–21.3 см (14.7 ± 0.2 см). Межполовые различия распределений по длине статистически значимы (тест Колмогорова–Смирнова, $n_f = 301$, $n_m = 174$, $p < 0.001$). Для объединённой выборки средняя длина составила 15.6 ± 0.24 см, $n = 475$. Масса самок варьировала в пределах 12.9–432.6 г (90.2 ± 3.34 г), самцов – 10.6–206.5 г (65.5 ± 2.7 г). Межполовые различия распределения по массе статистически значимы

(тест Колмогорова-Смирнова, $nf = 301$, $nm = 174$, $p < .001$). Для обоих полов средняя масса составила 81.0 ± 4.3 г, $n = 475$.

Значения параметров уравнения Берталанфи следующие: для самок предельная длина составляет 28.9 см, масса 519.7 г, константа скорости роста $k = 0.1$; для самцов длина 23.2 см, масса 226 г, константа скорости роста $k = 0.16$. Индексы роста для самок – $\phi = 0.82$ и $G_{init} = 2.96$; для самцов – $\phi = 0.78$ и $G_{init} = 3.71$. Зависимости массы (W , г) от длины (TL , см) у самок и самцов описываются уравнениями: $W = 0.013TL^{3.15}$ ($R^2 = 0.95$) и $W = 0.017TL^{3.02}$ ($R^2 = 0.94$) соответственно. Весовой рост самок и самцов характеризуется положительной аллометрией (у самок $b = 3.15$; $t = 3.75$ при $p < 0.05$, у самцов $b = 3.19$; $t = 4.06$ при $p < 0.05$). Самки достигают более крупных размеров и характеризуются более высоким значением индекса роста, но из значений G_{init} следует, что темп роста на раннем этапе жизненного цикла у самок и самцов сопоставим и самцы быстрее достигают своих предельных размеров.

Коэффициент общей смертности самок и самцов *S.porcus* составляет 0.67 и 0.46 на год. Различия в коэффициентах смертности у *S.porcus* связаны с межполовыми различиями в темпе роста и предельных размерах. У самцов коэффициент естественной смертности ниже, чем у самок (0.33 против 0.41 на год). Промысловая смертность для самок и самцов невысока (0.26 и 0.13 на год соответственно), что может быть связано с малыми ежегодно допустимыми объёмами добычи (47.1 т) для Крымского побережья и Севастополя. Коэффициент эксплуатации для самок и самцов составляет 0.38 и 0.28, что соответствует низкой промысловой нагрузке ($E < 0.50$).

Размерно-возрастная и половая структура, рост и смертность связаны с условиями среды. В большинстве случаев в пределах ареала вида в направлении к более высоким широтам скорость развития и темп роста снижаются, а максимальные размеры и возраст увеличиваются. Из наших данных следует, что географическая изменчивость *S. porcus* согласуется с общепринятыми представлениями. Так *S. porcus* у берегов Крыма достигает больших размеров чем у побережья Туниса, однако темп роста популяции Туниса выше. Размеры и вес тела у представителей черноморской популяции составляют 26.9 см и 432.6 г для самок и 21.3 см и 206.5 г для самцов, индексы роста соответственно $k = 0.1$, $\phi = 0.82$, $G_{init} = 2.96$ и $k = 0.16$, $\phi = 0.78$, $G_{init} = 3.63$. У берегов Туниса самки достигают размеров 21.9 см и 151.33 г, самцы 18.2 см и 104 г, индексы роста для самок составляют $k = 0.17$, $\phi = 1.91$ и $G_{init} = 3.72$; для самцов $k = 0.20$, $\phi = 1.82$ и $G_{init} = 3.64$. Продолжительность жизни морского ерша увеличивается в направлении к высоким широтам, в Мраморном, Адриатическом и Черном морях максимальный возраст составляет 7, 8 и 11 лет соответственно.

Для *S. porcus* Черного моря прослеживается хорошо выраженный половой диморфизм по размерам и темпам роста (Bilgin, Celik, 2009). Половой диморфизм средиземноморских популяций *S. porcus* выражен гораздо слабее. (Jardas, Pallaoro, 1992; Mesa et al., 2010; Ferri et al., 2021). Развитие полового диморфизма в северном направлении позволяет снизить внутривидовую конкуренцию и тем самым увеличить обеспеченность пищей. В условиях сезонности такая стратегия может считаться адаптивной, поскольку позволяет эффективнее накапливать ресурсы для зимовки и последующего воспроизводства.

Таким образом, морской ерш у побережья Крыма по сравнению с средиземноморскими популяциями характеризуется большими предельными размерами, низким темпом роста, большей продолжительностью жизни, более выраженным половым диморфизмом.

**АКАДЕМИК ОЛЕГ ГРИГОРЬЕВИЧ КУСАКИН –
ВЫДАЮЩИЙСЯ БИОЛОГ-ЭНЦИКЛОПЕДИСТ**

А. Л. Дроздов

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

Олег Григорьевич родился и рос в сложное время, в непростом месте. Отец умер, когда Олегу было всего 8 месяцев, матери не стало во время войны. Поэтому его воспитывали тетя и две кузины – одна бухгалтер, другая учительница младших классов. Ему некуда было двигаться, кроме как вверх. Для того, чтобы играть на повышение, у него был интеллект, самоконтроль, физическое здоровье и заботливое внимание трех любящих женщин. В школе был отличником, начитанным, с абсолютной грамотностью, глубоко вникающим в разные предметы: астрономию, биологию, литературу, философию и историю. Главный интерес формировался к биологии. В этом определяющую роль сыграл биологический кружок Ленинградского Дворца пионеров имени А.А. Жданова. Он находился в Аничковом дворце недалеко от дома на углу реки Фонтанки и Невского проспекта. Не удивительно, что сразу после школы в 1948 г. Олег Григорьевич поступил на биолого-почвенный факультет Ленинградского государственного университета. Будучи ещё студентом, он выбрал себе руководителя – профессора кафедры гидробиологии и ихтиологии Евпраксию Федоровну Гурьянову (19.01.1902–27.01.1981). Это была незаурядная женщина, выросшая в Череповце в большой семье с десятью братьями и сестрами. Третьеклассницей она прочла дарвиновский труд “Происхождение видов...” и решила стать морским биологом. В четырнадцать лет она опубликовала стихотворение:

Бьются о берег зелёные волны,
Грудь разбивая скалы,
Яростью дикой и злобою полны,
Пенятся грозно валы...
Лишь на минуту утихнет волнение,
Ярость стихии замрет,
Бешено море, лишь минет мгновение,
Снова кипит и ревет...»

Детское прозрение сбылось: закончив биофак Ленинградского университета, она стала профессиональным биологом и посвятила жизнь изучению литорали и двух групп ракообразных – равноногих и разноногих.

Первокурсник Олег Кусакин был пленён бесконечным обаянием и интеллектом Аси (так в ЗИНе называли Евпраксию). Он приложил немало усилий, добиваясь взаимного уважения. Ему удалось это настолько, что уже после первого курса (1949 г.) Гурьянова взяла его с собой в экспедицию на о-в Шикотан. Это был курильский отряд широкомасштабной экспедиции изучавшей акватории отошедших к России Южного Сахалина и Курильских островов. Вместе с ними в этом отряде работали авторитетные зоологи Борис Евсеевич Быховский (1908–1974) и Александр Александрович Стрелков (1903–1977). Опыт совместной работы в замечательной компании на литорали о-ва Шикотан был бесценным.

Евпраксия Федоровна определила жизнь Олега Григорьевича, которая также была посвящена изучению литорали морей и равноногих ракообразных. Он участвовал более, чем в 30-ти экспедициях по исследованию литорали дальневосточных морей и внес большой вклад в таксономию изопод. Им издано 5 томов определителей “Морские и солоноватоводные равноногие ракообразные (*Isopoda*) холодных и умеренных вод Северного полушария”. Установлено 3 новых семейства, 16 родов и описано несколько десятков новых видов изопод. У многих из них соавторами описания были две его замечательные сотрудницы Галина Васина и Марина Малютина. Исходя из сравнительно-морфологических данных по изоподам, Олег Григорьевич обосновал гипотезу, согласно которой современная глубоководная фауна произошла от антарктической фауны, что было обусловлено похолоданием в меловом периоде южных приполярных широт, последующим оледенением Антарктиды и погружением антарктического шельфа.

Традиция биогеографических построений на основе фауны изопод, заложенная Евпраксией Федоровной продолжена любимой аспиранткой ОГК Мариной Валентиновной Малютиной. Основываясь на постулате, что по соотношению примитивных и филогенетически молодых групп можно судить о происхождении фауны в конкретных биотопах, она обосновала концепцию происхождения глубоководных изопод из классических центров видообразования, локализованных в тропической зоне. В основном, она включает архаичные формы. Тропические биотопы населены филогенетически более молодыми и адаптивными видами. Формирование мировой фауны изопод наиболее адекватно объясняет концепция “оттеснённых реликтов”, согласно которой более молодые и продвинутые формы, возникшие в тропических центрах видообразования, вытесняют более древних и архаичных в менее привлекательные биотопы. Представители молодых семейств изопод только в недавнее время начали проникать в холодные зоны обоих полушарий, на глубины и в пресные воды.

Еще одной судьбоносной встречей Олега Григорьевича была дружба с Ярославом Игоревичем Старобогатовым (1932–2004) и Николаем Николаевичем Воронцовым (1934–2000), с которыми он вместе работал в Зоологическом институте АН СССР, куда перешел после аспирантуры ЛГУ. Все трое были талантливы и амбициозны, мечтали о большой науке и о своем значительном месте в ней. Им это удалось. Двое его друзей поступили в аспирантуру ЗИНа после биологического факультета Московского университета. Каждый из них исследовал конкретную группу животных: Старобогатов – двустворчатых моллюсков, Воронцов – мышевидных грызунов, Кусакин – равноногих ракообразных. Однако их эрудиция и масштабы личностей заставляли обсуждать общебиологические проблемы, что они и делали на семинарах молодых ученых. Позднее каждый из них пошел своей дорогой, позволившей занять достойное место в мировой науке и стать национальным достоянием. Этот мир они покинули почти одновременно, но до самых последних дней поддерживали друг с другом дружбу и сотрудничество. Их дискуссии стимулировали к научным обобщениям.

Параллельно со своими плановыми зоологическими исследованиями все трое занимались проблемами эволюции органического мира и добились определенных успехов в построении филогенетической системы живых существ.

МОРФОЛОГИЯ ГАМЕТ ДВУХ ВИДОВ ГОЛОТУРИЙ *KOLGA HYALINA* И *ELPIDIA HECKERI*

А. Л. Дроздов¹, А. В. Кременецкая², С. А. Тюрин¹

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

²Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Москва
anatoliyld@mail.ru

Описана ультраструктура гамет двух видов глубоководных голотурий из семейства Elpidiidae. Оба вида обитают на батимальных и абиссальных глубинах Северного Ледовитого океана. Материал был собран в 2012 и 2018 гг. с помощью тралов Агассица и Сигсби.

Животные были зафиксированы раствором глутаральдегида на какодилатном буфере с последующей дофиксацией четырёхокисью осмия и заливкой в смолу. Морфология гонад изучена на серии полутонких срезов. У обоих видов парные гонады представляют собой пучок трубочек, открывающихся в короткий гонодукт. У самцов трубочки более тонкие, чем у самок.

Размер гонад варьирует в зависимости от стадии гаметогенеза. Ультраструктура спермиев обоих исследованных видов соответствует таковой большинства голотурий. Это классические жгутиковые спермии, характерные для животных с наружным осеменением. Головка сферической формы с акросомой в апикальной части, расположенной в углублении ядра. Акросома состоит из сферического тёмного пузырька, окружённого периакросомным материалом. В средней части спермия находится одна кольцевая митохондрия, которая окружает проксимальную и дистальную центриоли, расположенные под тупым углом. От дистальной центриоли отходит хвостовой жгутик. Форма спермиев лишь незначительно различается у обоих видов. Различия касаются размеров ядра и акросомы.

Зрелые яйца у обоих видов голотурий окружены двумя оболочками: простой желточной толщиной 2 мкм, пронизанной микроворсинками, и студенистой толщиной около 7 мкм. В проксимальном слое яиц расположены многочисленные кортикальные гранулы диаметром около 1 мкм. По размерам яиц виды различаются: у *K. hyalina* максимальный диаметр ооцитов составляет 250 мкм, а у *E. heckeri* – около 400 мкм. Эти размеры свидетельствуют о том, что для обоих видов характерно не прямое развитие с планктотрофной личинкой.

РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ

Т. И. Дункай^{1,2}, Е. А. Богатыренко²

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

²*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
tdunkai@yandex.ru*

Океан – это крупная экосистема, которая содержит большое неизученное микробное разнообразие и метаболическую универсальность. Микроорганизмы широко распространены в биосфере и играют жизненно важную роль в регулировании биогеохимических циклов, пищевых сетей, в изменении климата и деградации загрязняющих веществ. Это важные индикаторы изменений в морских экосистемах, поскольку они быстро реагируют на колебания условий окружающей среды. Бактериальные сообщества включают огромное количество некультивируемых в лабораторных условиях бактерий, поэтому исследования морской метагеномики рассматриваются как новый подход к оценке и мониторингу морской среды.

Цель работы – с помощью метагеномного секвенирования изучить таксономическое разнообразие поверхностных вод акваторий Японского моря с разной степенью антропогенной нагрузки.

Для исследования в период с июля по сентябрь 2018 г. отбирали пробы поверхностных вод из бухт Золотой Рог, Лукина, Аякс, Восток, Находка, Киевка, Круглая и из пролива Старка. Секвенирование гипервариабельных участков V3-V4 гена 16S рНК проводили на платформе “MiSeq Illumina” в ЦКП “Геномика” СО РАН (ИХБФМ СО РАН) г. Новосибирск. Анализ метагеномных данных проводили на базе лаборатории морской микробиологии Дальневосточного федерального университета. Необработанные чтения были обрезаны с помощью Trimmomatic. Данные обработаны с использованием пакета «DADA2» для языка программирования R. Полученные в ходе метагеномного анализа последовательности идентифицированы с помощью сравнения с данными, зарегистрированными в базе SILVA v. 138. Статистические расчеты и построение графиков проводили с помощью среды программирования R.

В результате исследования получено 187 уникальных OTU. Обнаружено 10 бактериальных филумов, доминирующими были Proteobacteria (от 100 до 43%) и Bacteroidota (от 47 до 13%), а также 13 классов с доминантными Alphaproteobacteria (от 100 до 29%), Gammaproteobacteria (от 30 до 7%) и Bacteroidia (от 47 до 14%). В пробах из районов с умеренной антропогенной нагрузкой отмечалось

максимальное разнообразие на всех таксономических уровнях. Всего получено 69 семейств и клад, из которых 11 составили общий пул для всех проб. Это Clade I (50 – 1.5%), Clade II (11 – 1.3%), SAR86 clade (7 – 2%), AEGEAN-169 marine group (9 – 1%), Rhodobacteraceae (32 – 15%), Flavobacteriaceae (31 – 27%), Cryomorphaceae (30 – 5%), Alteromonadaceae (30 – 1%) и Microbacteriaceae (16 – 1.5%).

Для анализа взаимодействий между видами внутри бактериальных сообществ использовали корреляционный анализ, матрицы коэффициентов корреляций использовали для построения ненаправленного графа. Выделена часть OTU с наибольшими значениями метрики центральности (betweenness centrality). Наибольшее количество отрицательных корреляционных связей наблюдалось у OTU 2 (Bacteroidota, Bacteroidia, Flavobacteriales и Cryomorphaceae), OTU 36 (Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Rhodobacterales, Rhodobacteraceae и Lentibacter), OTU 33 (Proteobacteria, Gammaproteobacteria, Enterobacterales, Alteromonadaceae и Glacielcola) и OTU 49 (Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Rhodospirillales и AEGEAN-169 marine group).

Кластер с большими положительными корреляциями составили OTU 28 (Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Puniceispirillales, SAR116 clade и Candidatus Puniceispirillum), OTU 105 (Proteobacteria, Gammaproteobacteria, Pseudomonadales, Halieaceae и OM60(NOR5) clade), OTU 92 (Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Puniceispirillales и SAR116 clade), а также OTU 11 (Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Rhodobacterales, Rhodobacteraceae и HIMB11) – типичные обитатели морских вод, согласно литературным данным.

**СОСТАВ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ВИДОВ ФОСФОЛИПИДОВ
ТКАНЕЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS
JAPONICUS* (SELENKA, 1867)**

**А. А. Егорова, Е. В. Маськин, Д. Д. Солодий, Е. В. Ермоленко,
Т. В. Сикорская**

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

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* относится к значимым промысловым и культивируемым видам голотурий и является источником биологически активных соединений с высоким фармакологическим потенциалом. Полисахариды (сульфатированные фуканы и фукозилированные хондроитинсульфаты), тритерпеновые гликозиды (голотоксины А, В, D, Е, F, G и H), цереброзиды и жирные кислоты проявляют антикоагулянтную, антитромботическую и противогрибковую антигиперлипидемическую активность, а также иммуностимулирующее действие.

Особь трепанга *A. japonicus*, обитающие в естественных условиях, собраны в зал. Петра Великого (Японское море) в феврале 2021 г. Культивируемые особи (массой 11–13 г) из той же местности в том же сезоне предоставлены Центром аквакультуры и прибрежных биоресурсов ННЦМБ ДВО РАН. Содержание n-3 полиненасыщенных жирных кислот в диете культивированных особей составляло 1.1-1.3% от суммы жирных кислот. Четыре диких и четыре культивируемых животных взяты для анализа липидов. Тело каждого экземпляра рассекали по правому вентральному интеррадиусу. Водные легкие и кишечник удаляли в стерильных условиях. Кишечник рассекали для удаления содержимого, а затем промывали стерильной морской водой. Общие липиды экстрагировали из свежих тканей животных. Для анализа основных структурных фосфолипидов фосфатидилэтаноламинов (ФЭ), фосфатидилхолинов (ФХ), фосфатидилсеринов (ФС) и фосфатидилинозитолов (ФИ) в тканях трепангов использовали высокоэффективную жидкостную хроматографию с масс-спектрометрией высокого разрешения.

Состав молекулярных видов фосфолипидов был определен в образцах стенки тела, водных легких и кишечника трепангов, обитающих в естественных условиях и в условиях мариккультуры. Кишечник диких и культивируемых животных отличался от других тканей повышенным содержанием молекулярных видов ФЭ, ФХ и ФС с докозагексаеновой кислотой (22:6n-3, ДГК). Водные легкие диких и культивируемых трепангов содержали большое количество молекулярных видов ФИ, в

состав которых входили нечетные жирные кислоты и арахидоновая кислота (20:4n-6, АК). Для культивируемых трепангов характерно достоверное снижение содержания эйкозопентаеновой кислоты (20:5n-3, ЭПК) во всех четырех исследованных классах фосфолипидов. В составе молекулярных видов ФЭ, ФХ и ФИ в тканях культивируемых трепангов наблюдалось повышение уровня АК в ответ на снижение уровня ЭПК. В составе ФС тканей культивируемых животных уменьшение содержания молекулярных видов, содержащих ЭПК, привело к увеличению содержания длинноцепочечных мононенасыщенных ФС: 23:1/20:1; 22:1/21:1, 24:1/20:1; 23:1/21:1, 22:1/20:1; 24:1/18:1. Культивируемые животные отличались от трепангов, обитающих в естественных условиях, повышенным содержанием ФХ с простой эфирной связью и ФИ, в состав которых входят жирные кислоты с нечетной длиной углеродной цепи.

Дефицит n-3 ПНЖК приводит к значительным изменениям профиля молекулярных видов фосфолипидов. Для аквакультуры большое значение имеет состав получаемой продукции. Важность баланса n-3/n-6 полиненасыщенных жирных кислот в рационе человека показана в многочисленных исследованиях и непосредственно влияет на функционирование иммунной системы. В настоящее время особое внимание исследователей уделяется значению фосфолипидов, содержащих n-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ДГК и ЭПК), особенно в отношении нормальной жизнедеятельности головного мозга. Диета культивируемых трепангов является важным фактором как для благоприятного развития и роста самих животных, так и для питательных свойств получаемых из них продуктов.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ ПОДВОДНЫХ ГОР ИМПЕРАТОРСКОГО ХРЕБТА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)*Е. Л. Егорова, Т. Н. Даутова**Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
egorova.eug@gmail.com*

Подводные горы и другие поднятия океанического дна представляют большой интерес для изучения глубоководной фауны, так как являются природными очагами биоразнообразия, где создается уникальная среда, благоприятная для развития и поддержки сложных глубоководных сообществ, основу которых составляют донные беспозвоночные. Ввиду высокой продуктивности экосистем и относительной высоты над уровнем океанического дна подводные горы, в том числе расположенный в северной части Тихого океана к северо-западу от Гавайских островов Императорский хребет, становятся важным объектом коммерческого использования. Заметное место в экосистемах подводных гор занимают десятиногие ракообразные, одни из наиболее широко распространенных и многочисленных представителей бентосной фауны. Представители данной группы способны к расселению на дальние расстояния в личиночной форме, равно как и к миграциям во взрослой форме; зачастую формируют симбиотические связи с другими беспозвоночными и могут занимать нишу активных хищников. Крупные скопления десятиногих ракообразных на подводных горах представляют интерес для коммерческого использования. Однако видовой состав фауны декапод на подводных горах, в частности, на Императорском хребте, остается относительно малоизученным.

Образцы десятиногих ракообразных собраны с использованием подводного аппарата “Команч” в экспедициях НИС “Академик М.А. Лаврентьев” 2019 и 2021 гг. на горах Императорского хребта. Основными районами исследования были гайоты Коко, Кинмей, Юреку и Оджин. Образцы собирали с глубины 1200–1900 метров; в сборах представлены таксоны Anomura, Brachyura и Caridea. Наблюдения за ракообразными в их среде обитания, проведенные с помощью видеокамер подводного аппарата, позволяют также делать выводы о наличии симбиотических связей между данными животными и сидячими беспозвоночными, такими, как губки и кораллы, которые являются основой уязвимых экосистем подводных гор, формирующей среду обитания других организмов.

**БИОЛОГИЯ НОВОГО ВИДА ТОРКВАРАТОРИД
(TORQUARATORIDAE, ENTEROPNEUSTA, NEMICHORDATA) ИЗ
БЕРИНГОВА МОРЯ**

**О. В. Ежова¹, А. И. Лукиных¹, Е. М. Крылова², С. В. Галкин²,
А. В. Гебрук², В. В. Малахов¹**

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

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
olga.ejova@gmail.com, lukinyh.anastasiya@yandex.ru, vmalakhov@inbox.ru
elenamkr@mail.ru, galkin@ocean.ru, agebruk@gmail.com

В начале 2022 г. в составе семейства глубоководных кишечнодышащих Torquaratoridae Holland, Clague, Gordon, Gebruk, Pawson & Vecchione, 2005 описан новый род и вид *Quatuoralisia malakhovi* Ezhova et Lukinykh, 2022. Представители данного вида собраны со склонов подводного вулкана Пийпа, расположенного в Командорской котловине Берингова моря, в ходе 75-го и 82-го рейсов НИС “Академик М.А. Лаврентьев” в 2016 и 2018 гг. Особи *Q. malakhovi* собраны с глубин 1933–2289 м с использованием ТПА “Команч 18”. Собранные экземпляры изучены молекулярно-генетическими, гистологическими и электронно-микроскопическими методами. Кроме того, проанализированы данные фото- и видеосъёмки *Q. malakhovi* в естественной среде обитания.

Quatuoralisia malakhovi — эпибентосный детритофаг-собирающий, обитающий преимущественно на мягких грунтах. Одной из отличительных морфологических особенностей торквараторид является разросшийся воротничок, формирующий латеральные губы. Разрастание воротничка вызвано тем, что этот орган у торквараторид стал играть основную роль при сборе пищевых частиц (питание мелководных роющих кишечнодышащих осуществляется с помощью ресничного покрова хоботка). У *Q. malakhovi* воротничок формирует две латеральные губы и одну медиальную губу, которые и участвуют в сборе пищи. В пищеварительном тракте исследованных особей обнаружены многочисленные створки диатомовых водорослей, спикулы губок, домики инфузорий, фрагменты скелета иглокожих, раковинки фораминифер и остатки некоторых других организмов. При этом количество минеральных частиц (песчинки) незначительно, что говорит о способности особей данного вида к избирательному питанию. Траектория передвижения особей *Q. malakhovi* по поверхности морского дна имеет вид изогнутых линий. В результате, фекальные жгуты у этого вида не спиралевидные, как у ряда других торквараторид, а зигзагообразные или беспорядочные.

Одним из очень интересных открытий, сделанных при изучении *Q. malakhovi*, стало обнаружение симбиотических организмов (комменсалов и паразитов) внутри особей данного вида. Так, во всех трёх отделах целома *Q. malakhovi* обнаружены метацеркарии трематод, достигавшие наибольшей численности в гломерулюсе исследуемых кишечнодышащих. При этом экстенсивность инвазии достигает практически 100%. Это первый и единственный описанный случай паразитизма представителей Plathelminthes на полухордовых. В печёночном отделе пищеварительного тракта нескольких особей *Q. malakhovi* обнаружены представители типа Xenocoelomorpha, являющиеся, по-видимому, комменсалами.

Выяснилось, что *Q. malakhovi* обладают рядом примечательных морфологических особенностей. Так, организация рено-перикардимального комплекса ("heart-kidney") *Q. malakhovi* уникальна для полухордовых, поскольку в ней сочетаются черты, свойственные обоим классам типа Nemichordata: кишечнодышащим – в перикардимальной составляющей и крыложаберным – в экскреторной составляющей. Опорные структуры *Q. malakhovi* тесно сопряжены с центральными элементами нервной системы, обеспечивая более стабильную их поддержку. Эта особенность свойственна многим торквараторидам и может быть связана с переходом представителей этого семейства от роющего к эпибентосному образу жизни. Одной из определительных черт *Q. malakhovi* является форма скелетного элемента стебелька — он представляет собой парную структуру, состоящую из двух скелетных пластинок, каждая из которых подстилает нервы хоботка и глотки.

Отличительной особенностью половой системы данного вида можно считать наличие так называемых “наружных” гонад – выпячиваний лопастей семенников и содержимого яичников в перибранхиальную полость. Поскольку в наших руках имеется материал, собранный в разные годы, то появилась уникальная возможность сравнить строение гонад особей *Q. malakhovi*, находящихся на разных стадиях репродуктивного цикла – преднерестовой и посленерестовой. То обстоятельство, что гонады самцов и самок, собранных в один год, находились на одной стадии развития, позволяет предполагать для данного вида синхронизированное размножение. На кадрах фото- и видеосъёмки *in situ* часто встречаются особи *Q. malakhovi*, запечатлённые в позе "кроссинговера", т.е. с перекрещенными задними концами. Для *Q. malakhovi* предполагается наружное оплодотворение, и мы считаем, что поза "кроссинговера" является элементом репродуктивного поведения этих животных, в результате которого при выводе половых продуктов самцов и самок во внешнюю среду повышается вероятность оплодотворения. До сих пор неизвестно, какой тип развития присущ представителям семейства Torquaratoridae, однако на основании крупных

размеров ооцитов (порядка 300 мкм) мы предполагаем для *Q. malakhovi* прямое развитие.

Таким образом, полученные за 6 лет изучения *Q. malakhovi* данные показали, насколько значительно биология исследуемого вида выделяет его на фоне не только других торквараторид, но и остальных кишечнодышащих и полухордовых вообще.

Авторы выражают благодарность Национальному научному центру морской биологии ДВО РАН за организацию и проведение 75 и 82 рейсов НИС “Академик М. А. Лаврентьев”, а также ФАНО России за финансирование этих экспедиций. Особая благодарность пилотам и техникам, обеспечившим в рейсах работы с применением ТПА “Команч 18”. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ 18–74–10025.

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА НЕКТОНА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

П. О. Емелин, О. А. Мазникова

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

Освоение и использование ресурсов Арктики – одно из приоритетных направлений экономического развития Российской Федерации для обеспечения собственных экономических и геополитических интересов. Интерес к Арктическому региону в последние годы значительно возрос из-за разведки и освоения новых нефтегазовых месторождений на континентальном шельфе, а также в связи с развитием инфраструктуры Северного морского пути. Для снижения возможного ущерба природной среде от расширения экономической деятельности, необходима тщательная разработка концепции долгосрочного устойчивого использования и сохранения биологического разнообразия и запасов водных биологических ресурсов арктических морей. В восточном секторе российской Арктики (море Лаптевых, Чукотское и Восточно-Сибирское море) наиболее изучено Чукотское море. Восточно-Сибирское море и море Лаптевых исследованы в меньшей степени из-за своей удаленности, тяжелых климатических условий, малочисленности коренного населения и других социально-экономических факторов.

Цель работы – характеристика состава и видовой структуры нектона моря Лаптевых на основе актуальных данных, полученных в ходе экспедиций ВНИРО и его Тихоокеанского филиала в 2015 и 2019 гг.

Донные траловые съемки проведены на НИС “ТИНРО” и “Профессор Леванидов” в летне-осенний период (август-сентябрь), когда акватория максимально свободна ото льда. Траления осуществляли донным тралом ДТ 27.1/24.4 с 10-мм мелкочейистой вставкой в кутце. Для обеспечения горизонтального раскрытия трала в качестве распорных средств использовали сферические доски площадью 4.3 м². Трал был оснащен кабельным комплексом Simbia для контроля параметров раскрытия. Горизонтальное раскрытие трала составляло 16 м, вертикальное – 3–4 м. В 2015 г. проведено 37 тралений в диапазоне глубин 33–504 м, в 2019 г. – 21 траление, съемкой был охвачен более широкий батиметрический диапазон 110–752 м. Для оценки общей численности и биомассы каждого вида рыб и анализа их пространственного распределения показатели обилия по траловым станциям были усреднены в пределах полуградусных трапеций размерностью 0.5° по широте и 1° по долготе. Оценки численности и биомассы нектона проведены для 2015 г. по 26 расчетным полигонам суммарной площадью 37066.84 км²; для 2019

г. использовали данные в пределах 16 полигонов суммарной площадью 21326.22 км². Среднемноголетние данные по численности и биомассе nekтона представлены для 35 полигонов общей площадью 48826.41 км². Индекс полидоминантности рассчитан при помощи формулы Симпсона в трактовке Гибсона, использовались биомассы nekтона.

Ихтиофауну моря Лаптевых характеризует низкое видовое разнообразие. На сегодняшний день в её составе зарегистрирован 81 вид рыб. Таксономическое разнообразие головоногих моллюсков также невелико и включает всего 6 видов. По материалам выполненных съемок видовой состав nekтонного компонента траловой макрофауны включал 37 видов рыб и головоногих моллюсков из 10 отрядов и 17 семейств. Основу видового состава формировали рыбы, представленные 33 видами из 14 семейств, и головоногие моллюски – 4 вида из 3 семейств. На всей акватории исследований наибольшее таксономическое разнообразие отмечено для семейств липаровые Liparidae (7 видов), рогатковые Cottidae и бельдюговые Zoarcidae (по 5 видов), а также тресковые Gadidae (3 вида). Остальные семейства представлены 1–2 видами.

Общая учетная биомасса nekтона в 2015 г. составила 226.97 тыс. т, в 2019 г. – 73.22 тыс. т, что связано с гораздо меньшей площадью акватории, обследованной в 2019 г. На основании пространственного осреднения данных по 2015 и 2019 гг. биомасса nekтона оценена в 250.96 тыс. т. Её основу формировали рыбы, суммарный вклад которых в 2015 г. составил 226.86 тыс. т (99,9%), в 2019 г. – 73.22 тыс. т (100,0%); для осредненных данных – 250,96 тыс. т (99,9%). Доля различных семейств в структуре биомассы неравномерна, вклад тресковых Gadidae был наибольшим (суммарно 89.0%), а доля сайки *Boreogadus saida* составляла 88.97% общей биомассы nekтона. Следующий ранг занимало семейство камбаловые Pleuronectidae, суммарная доля которого составляла 5.9%. Семейство представлено только видом черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides*, биомасса которого оценена в 14.71 тыс. т. Также в структуре биомасс выделилось семейство полярные акулы Somniosidae, доля единственного вида, гренландской полярной акулы *Somniosus microcephalus*, составила 4.33%. Вклад прочих семейств был незначительным, суммарно их биомасса составляла 0.8%. Структура численности незначительно отличалась от структуры биомассы. Тресковые Gadidae абсолютно доминировали по численности (суммарно 98.67%), при этом доля сайки *Boreogadus saida* составляла 98.66%. Суммарный вклад остальных семейств составил 1.3% от общей численности nekтона. На фоне прочих незначительно выделялись семейства рогатковые Cottidae и камбаловые Pleuronectidae, доля каждого из них была на уровне 0.4%, вклад остальных не превышал 0.2%.

Пространственное распределение биомассы nekтона в пределах исследованной акватории моря Лаптевых варьировало от 37.24 т до 152.13

тыс. т на 1 полуградусную трапецию (полигон). Численность рыб и головоногих менялась от 1.74 млн. до 3.35 млрд. экз. на полигон. В центральной части акватории на мелководном шельфе до границы 100-м изобаты биомасса nekтона была невысокой, в пределах 600 т на полигон. Численность nekтона в этом районе не превышала 97.35 млн. экз. на полигон. Анализ пространственного распределения nekтона показал, что его основные запасы сосредоточены на внешнем крае шельфа в батиметрических диапазонах 100–110, 220–230 и 340–350 м. Сайка *Boreogadus saida* обеспечивала основную часть суммарной численности и биомассы nekтона на всех участках акватории во всех диапазонах глубин. Наибольшие запасы сайки (152.13 тыс. т, 3.35 млрд экз.) отмечены в границах полигона 77.0–77.5° с.ш., 126–127° в.д в центральной части моря. На внешнем крае шельфа в северо-восточной и северо-западной части акватории за границей 200-м изобаты высокую долю в структуре биомассы имели камбаловые Pleuronectidae.

Анализ показателей численности и биомассы свидетельствует о том, что структура nekтона моря Лаптевых имеет монодоминантный характер. Доминирующим видом как по биомассе, так и по численности является сайка *Boreogadus saida*. Значение индекса Симпсона для 2015 г. составило 1.04, для 2019 г. – 2.74, для пространственно осредненных данных – 1.25. На сегодняшний день сайка *Boreogadus saida* может быть единственным перспективным объектом промысла в море Лаптевых, однако необходимо оценить её трофическую роль в экосистеме моря и масштабы её выедания хищниками высшего трофического уровня, чтобы определить, какая часть популяции может быть доступна для промысла без ущерба для воспроизводства и удовлетворения пищевых потребностей хищников. В настоящее время, основными препятствиями для развития промысла в данном районе являются тяжелые ледовые условия и низкая стоимость продукции, что делает такую добычу нерентабельной.

ЧИСЛЕННОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ КАСПИЙСКОГО ТЮЛЕНЯ В 2019-2022 ГОДАХ

У. Е. Жанаисов¹, С. Т. Ербулеков¹, В. А. Скольский², Ф. В. Климов²,
Е. В. Мурова²

¹North Caspian Operating Company N.V. (NCOC N.V.), г. Атырау,
Казахстан;

Sagiden.Yerbulekov@ncoc.kz

²ТОО Казахстанское агентство прикладной экологии (ТОО «КАПЭ»),

г. Алматы, Казахстан

f.klimov@kape.kz

Каспийская нерпа, или каспийский тюлень *Pusa (Phoca) caspica*, Gmelin, 1788 – единственный вид морских млекопитающих, обитающий в Каспийском море. Ареал каспийского тюленя расположен на территории пяти прикаспийских государств: Азербайджана, Ирана, Казахстана, России и Туркменистана. В 1993 г. вид занесен в Красную книгу Азербайджана, в 2011 г. – в Красную книгу Туркменистана. В Иране принят охранный статус Endangered – находящийся под угрозой исчезновения, определенный Международным союзом охраны природы. В 2020 г. каспийский тюлень внесён в Красные книги Российской Федерации и Республики Казахстан.

Серьезными угрозами для существования популяции каспийского тюленя считаются фактор беспокойства и деградация среды обитания. К умеренным угрозам относятся болезни каспийского тюленя, в том числе массовые эпизоотии, паразитарные инвазии, биоаккумуляция токсикантов, вызывающая иммунодепрессию, патоморфологическое нарушение внутренних органов, в том числе репродуктивных. Потенциальными угрозами, требующими внимания, но в настоящее время не оцененными с точки зрения воздействия на популяцию, следует считать: влияние загрязнений на пищевую цепь, перелов объектов питания (рыбы), распространение инвазивных видов, деградацию / утрату местообитаний тех видов рыб, которые составляют основу питания тюленей, изменение климата, вызывающее сокращение ледовых полей (мест размножения тюленей) и чрезмерный нагрев поверхностных вод Каспийского моря летом.

Российские и казахстанские территориальные воды Каспия, особенно северная часть (Северный Каспий), являются наиболее важной зоной для каспийского тюленя. Вместе с тем, казахстанские и российские территориальные воды – это зона растущего антропогенного воздействия (увеличиваются судоходство, разработка недр, освоение прибрежных территорий) на морскую экосистему, что оказывает влияние на благополучие популяции каспийского тюленя.

В настоящее время далеко не всё известно о биологии и экологии каспийского тюленя. Слабо изучены их миграционные пути и особенности использования акватории. Не исследована циркуляция различных заболеваний в популяции, не оценен уровень иммунитета животных. Недостаточно информации об их гормональном статусе и генетической структуре вида. Отсутствует достоверный неинвазивный способ определения возраста тюленей. Все эти сведения необходимы для разработки адекватных и эффективных мер охраны данного вида, что делает актуальность исследований каспийского тюленя очевидной.

Для определения текущего статуса и тенденций изменения в популяции каспийского тюленя на Северном Каспии проводятся работы в рамках казахстанско-российских программ с ВНИРО “Оценка численности, распределения и естественного воспроизводства каспийского тюленя на казахстанской и российской акватории Северного Каспия в 2019–2024 гг.” и с ИПЭЭ РАН “Исследования каспийского тюленя в акватории Северного Каспия (2019–2023 гг.)”, а также мониторинговые исследования при сопровождении ледокольных судов в зимний период. Финансирование исследований обеспечивается нефтедобывающей компанией North Caspian Operating Company N.V. (NCOC N.V.).

В задачи исследований входят:

- учет численности каспийского тюленя в зимний и весенний периоды (авиаучеты, мультиспектральная съемка, фото и видеосъемка);
- сопровождение судовой зимней навигации (исследования с ледоколов с использованием предварительной авиаразведки);
- наблюдения за миграциями, распространением и структурой ареала каспийского тюленя, а также численностью популяции в безледный период. Разработка единой ГИС для сбора данных о местах отдыха и нагула животных;
- мониторинг благополучия популяции каспийского тюленя (вирусологические, бактериологические, серологические, паразитологические, токсикологические, генетические, гормональные изыскания);
- контроль за состоянием местообитаний каспийского тюленя (оценка качества среды обитания);
- формирование банка данных и сравнительный анализ полученных результатов и данных прошлых лет;
- создание ООПТ на акватории Северо-восточного Каспия на местах лежки каспийского тюленя в безледный период с учетом изменения климата и падения уровня Каспийского моря.

В 2019–2022 гг. в рамках подписанных программ учеными ВНИРО и КАПЭ проведен учет каспийского тюленя с использованием мультиспектральной видео- и фотосъемок. Зимы 2019–2020 и 2021–2022

гг. относились к типу относительно теплых ранних зим. Учетные полеты были выполнены при хороших погодных условиях и минимальной площади льдов (6.5–8.3%). Расчетные нижняя и верхняя границы оценки общей численности популяции тюленей в 2020 г. составили от 282.3 до 352.4 тыс. особей, в 2022 г. – от 311.4 до 431.5 тыс. особей. Зима 2020–2021 гг. относилась к типу умеренных зим. Максимальная площадь ледового покрова составила 80% акватории Северного Каспия. Расчетные нижняя и верхняя границы в 2021 г. соответственно 302.02 и 369.15 тыс. особей каспийского тюленя.

Численность популяции каспийского тюленя, в начале прошлого века достигавшая около 1 млн. особей, к началу 50-х годов снизилась более, чем в 3 раза. В 60-80-е гг. наблюдалось увеличение численности, но к началу 2000-х в популяции насчитывалось только около 100 тыс. особей. После 2005 г. отмечено постепенное увеличение численности животных. Анализ имеющихся данных за 2012 и 2020–2022 гг., показал увеличение численности воспроизводства щенков в 2022 г. на 25.7% по сравнению с данными 2012 г. и на 7.5% – с данными 2021 г. Относительная доля (%) продуцирующих самок в популяции каспийского тюленя в 2020 и 2021 гг. составила 20.6%, в 2022 г. – 21.6%. Общая численность популяции зимой 2022 г. показала незначительный прирост (7.5%) и ее нижняя граница составляет 311.381 тыс. особей каспийского тюленя (таблица 1).

Таблица 1. Оценка рождаемости и общей численности популяции каспийского тюленя

Мультиспектральный авиаучет	Численность щенков, тыс. особей	Общая численность популяции, тыс. особей
2012 г.	50.00	268.80
2020 г.	58.24	282.32
2021 г.	62.261	302.016
2022 г.	67.314	311.381
Расхождение результатов между 2012 и 2022 гг.	17.3 (25.7%)	42.581 (13.67%)
Расхождение результатов между 2021 и 2022 гг.	5.05 (7.5%)	9.36 (3%)

Данные по воспроизводству показывают, что в последние годы количество продуцирующих самок достигало 56.7–67.3 тыс. особей или 20.6–21.6% от общей численности популяции каспийского тюленя (таблица 2).

Таблица 2. Численность продуцирующих самок каспийского тюленя за 1965–2022 гг., тыс. особей

Параметры	Годы									
	1965	1973	1976	1980	1986	1989	2012	2020	2021	2022
Число продуцирующих самок	82.4	90.4	102.3	106.0	60.0	46.8	56.7	58.2	62.3	67.3
Общая численность популяции	не более 600				520	470	269	282	302	311
% продуцирующих самок	15.0	15.1	17.1	17.7	11.5	10.0	21.0	20.6	20.6	21.6

Отслеживание животных позволило получить новую информацию о миграционных путях тюленей и их ключевых местообитаниях в разные сезоны года. Сопоставление зимы 2019–2020 гг. (со слабым развитием

ледового покрова) и зимы 2020–2021 гг. (с типичным развитием ледового покрова) показало приуроченность животных к ледовой кромке и серьезные различия в использовании акватории, которые напрямую зависят от степени развития и состояния льда. Два года мечения позволили определить тенденции в активности и скоростях перемещений животных в разные месяцы, однако для качественного описания выборка пока недостаточна.

Осенью 2019 и 2020 гг. собраны данные по вирусологическим, бактериологическим, серологическим, паразитологическим, токсикологическим, генетическим и гормональным исследованиям. Согласно полученным данным не выявлены возбудители аденовирусных, гепивиральных (гепатит Е), герпесвирусных, гриппозных (вирусы гриппа А, В, С, D), коронавирусных, парамиксовирусных (в т.ч. морбилливируса плотоядных – вирус чумы собак), папилломавирусы (α -, β -, μ -, ν - и γ), поксвирусных, лиссавирусных, ретровирусных и флавивирусных инфекций. Установлено, что у некоторой части популяции имеется иммунитет к вирусу чумы плотоядных, антитела к *Candida* sp. и *Chlamydia* sp. Для выявления возбудителей всех бактериальных инфекций респираторного и желудочно-кишечного трактов каспийского тюленя использован метод секвенирования фрагмента 16S рибосомальной РНК микрофлоры. Отмечено наличие бактериальной флоры, относящейся к *Fusobacteriaceae*, *Leptotrichiaceae*, *Pasteurellaceae*, *Porphyromonadaceae*, *Actinomycetales*, *Flavobacteriaceae*, *Lachnospiraceae*, *Cytophagaceae*, *Neisseriaceae* и *Moraxellaceae*, а также *Lactobacillales*, *Carnobacteriaceae*, *Streptococcaceae* и *Enterococcaceae*. Молекулярное исследование паразитофауны не выявило паразитирование червей классов *Trematoda*, *Cestoda* и *Nematoda*. Получены результаты по содержанию тяжелых металлов, нефтепродуктов, пестицидов, ПХБ в крови и тканях внутренних органов животных. Получены данные по концентрации стероидных гормонов: прогестерона, тестостерона и кортизола из шерсти, вибрисс и сыворотки крови каспийского тюленя.

Таким образом, основными факторами, влияющими на распределение, размножение и численность каспийского тюленя, являются суровость зим и ледовитость в Северном Каспии, изменение климата, рыболовный промысел, приводящий к гибели животных в рыболовных сетях, судоходство, освоение прибрежных территорий и загрязнение Каспийского моря. Для определения здоровья каспийского тюленя необходимо продолжить вирусологические, бактериологические, серологические, паразитологические, токсикологические, генетические и гормональные изыскания. Для успешного восстановления популяции каспийского тюленя предлагается определить зоны покоя на акватории у побережья Республики Казахстан и казахстанского сектора Каспийского моря, что позволит создать особо охраняемые природные территории.

**СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР
БОРОДАТКОВЫХ РЫБ РОДА *ARTEDIDRACO* СЕМЕЙСТВА
ARTEDIDRACONIDAE (*NOTOTHENIOIDEI*)**

С. В. Жданов

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

Sergey.Zhdanov@zin.ru

Нототениевидные рыбы рода *Artedidraco* семейства бородатковых – малоизученная группа придонной фауны Антарктического континентального шельфа. Политипический род, включающий 6 видов, представители которого – рыбы небольших размеров (менее 17 см). Особенностью представителей рода является расположение первого спинного плавника над основанием грудных плавников (Gon, Heemstra, 1990).

До настоящего времени число работ, посвящённых изучению морфологии рыб рода *Artedidraco* невелико (Roule, 1913; Gon, Heemstra, 1990; Eakin, 1990; Eakin, Eastman, 1999). Последняя статья является определенным вкладом в исследование морфологии рода *Artedidraco*, однако в ней представлены материалы исключительно из юго-западной части моря Росса. Наличие в фондовой коллекции ЗИН значительного материала по роду *Artedidraco*, собранного в российских и советских антарктических экспедициях позволило исследовать более 117 экземпляров пяти видов рода *Artedidraco*: *A. mirus*, *A. shackletoni*, *A. skottsbergi*, *A. loennbergi* и *A. oriana*, что существенно дополнило сведения предыдущих исследователей, позволило установить новые таксономические признаки бородаток и провести сравнение между видами рода как в рамках этого исследования, так и с литературными данными. Традиционными методами установлены 26 пластических и 5 меристических признаков, 4 признака установлены рентгенографически.

Наиболее существенную межвидовую изменчивость проявили следующие признаки: высота спинных плавников (25.3–40% и 37.8–50.9%), длина грудных и брюшных плавников (18.1–31.7% и 13–31.1%), вентроанальное расстояние (18.3–34.5%), длина головы (26.9–41%), длина челюстей (7.8–14.7% и 10.7–18.8%), расстояние между дистальными краями верхней челюсти (7.4–18.8%) и длина подбородочного усика (1.3–12.7%) в % от стандартной длины (*ST*), а также число позвонков (34–42) и количество лучей во втором спинном плавнике (23–30). Если значения отдельных признаков у одного из видов четко отличалось от таковых у остальных видов, то они рассматривались как диагностические.

Проведённый анализ полученных морфометрических данных подтверждает ранее выявленные различия между видами рода *Artedidraco*

по экземплярам из коллекции ЗИН РАН, что позволило выделить 4 группы видов: “*skottsbergi*” (*A. skottsbergi* и *A. loennbergi*), “*shackletoni*” (*A. shackletoni*), “*mirus*” (*A. mirus*) и “*oriana*” (*A. oriana*). Наиболее характерные признаки отдельных видов положены в основу определителя видов рода *Artedidraco*. Некоторые из этих признаков использованы впервые, например, число ветвистых лучей хвостового плавника, высота головы, длина подбородочного усика и высота второго спинного плавника.

1. Количество лучей в первом спинном плавнике не менее 4, во втором спинном плавнике не менее 28, позвонков

не менее 40 *A. shackletoni*

- Количество лучей в первом спинном плавнике обычно равно 3, во втором спинном плавнике до 28, позвонков до 40 2

2. Высота второго спинного плавника не превышает 16% (за редким исключением, 20%), длина головы меньше 35% (1/3–1/4), высота до 15% от *ST* 4

- Высота второго спинного плавника больше 17%, длина головы редко меньше 35% (больше 1/3), высота 14–20% от *ST* 3

3. Структура подбородочного усика зернистая, высота второго спинного плавника часто превышает 28%, высота тела 10–20%, длина брюшных плавников 17–31% от *ST*, распространен циркумполярно в Антарктике *A. oriana*

- Подбородочный усик не имеет зернистой структуры, высота D2 не превышает 28%, высота тела 15–23%, длина брюшных плавников 17–24% от *ST*, эндемик о-ва Южная Георгия *A. mirus*

4. Высота хвостового стебля составляет 23–30% от длины головы, длина грудных плавников обычно более 23 и до 30% от *ST*, высота головы на уровне посттемпоральных гребней 14–17% от *ST*, подбородочный усик очень маленький (до 11% от длины головы), в хвостовом плавнике 10–11 ветвистых лучей *A. skottsbergi*

- Высота хвостового стебля составляет 19–23% от длины головы, длина грудных плавников менее 23%, высота головы на уровне посттемпоральных гребней 12–14% от *ST*, подбородочный усик длиной всегда более 12% от длины головы, число ветвистых лучей в хвостовом плавнике 8–10 *A. loennbergi*

ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В СООБЩЕСТВАХ ЛИТОРАЛИ МЕЛКОВОДНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ БУХТЫ КРАТЕРНОЙ (ОСТРОВ ЯНКИЧ, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Н. В. Жукова

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

Мелководные гидротермальные экосистемы сочетают в себе черты как обычных прибрежных экосистем, основанных на продукции фитопланктона, так и глубоководных экосистем, формирующихся вокруг гидротермальных источников. Такое сочетание становится наиболее выраженным в зонах литорали и верхней сублиторали (до 5м). Для этих зон характерно обилие газо-гидротермальных источников и выходов вулканических вод, здесь активны хемосинтетические процессы. В то же время это активная фотическая зона с интенсивным цветением фитопланктонных микроводорослей и поясом бурых макроводорослей.

Для получения дополнительной информации о трофических взаимоотношениях в мелководной гидротермальной экосистеме проведен жирнокислотный анализ беспозвоночных, собранных в литорали и верхней сублиторали (до 5 м) б. Кратерная (о-в Янкича, Курильские о-ва). Липидные биомаркеры использовали как полезный инструмент для изучения трофической экологии и определения трофических отношений между видами в водных сообществах.

Распространенные в бухте бентосные организмы, принадлежащие к таким таксонам, как Polychaeta, Crustacea, Gastropoda, Bivalvia, Asteroidea и Echinodidae, были собраны вблизи очагов вулканической деятельности и за пределами зоны их действия, внутри и вне областей газо-гидротермальных источников. Проведен анализ жирных кислот образцов животных и потенциальных источников их пищи – планктонных и бентосных микроводорослей, бактериальных и альго-бактериальных матов, а также макрофитов.

Показано, что состав жирных кислот потребленной пищи влияет на состав жирных кислот донных беспозвоночных. Кислоты 16:1n-7 и 20:5n-3, характерные для диатомей, в высоких концентрациях обнаружены в полихетах *Polydora volcanica* и усонюгих раках *Balanus crenatus*; это подтверждает, что диатомей составляют основу пищевого рациона этих животных. Наличие в большем количестве нечетных и разветвленных жирных кислот, характерных для бактерий, свидетельствует о дополнительном поступлении в рацион полихет детрита. Тот факт, что у баланусов преобладали кислоты 22:6n-3 и 18:1n-

9, характерные для плотоядного типа питания, свидетельствует о включении зоопланктона в рацион этого вида. Полиненасыщенные жирные кислоты C18 и C20, такие как 18:3n-6, 18:4n-3 и 20:4n-6, характерные для бурых водорослей, доминировали у брюхоногих моллюсков – растительноядной *Littorina sitkana* и хищника *Nucella freycinetii*. Сходство жирнокислотных профилей указывает на тесные трофические связи между *Fucus evanescens*, *L. sitkana* и *N. freycinetii*. Установлено, что основным объектом питания морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* в зоне газо-гидротерм являются альго-бактериальные маты; тогда как вне зоны их действия морской ёж питается, в основном, бентосными микроводорослями и, в меньшей степени, макрофитами и бактериями.

Таким образом, с помощью маркерных жирных кислот изучены особенности питания и трофическая структура сообществ донных беспозвоночных литорали и верхней сублиторали (до 5 м) б. Кратерной. Установлено, что пищевой спектр животных во многом определяется доступностью пищи в экосистеме. Некоторые виды, особенно, морской ёж *S. droebachiensis*, проявляют трофическую пластичность, достигая высоких значений биомассы на нетрадиционном источнике пищи – альго-бактериальных матах. Использование широкого спектра трофических источников донными беспозвоночными доказывает, что животные хорошо приспособлены к сложным пищевым средам, характерным для прибрежных газо-гидротермальных экосистем.

ГОМОЛОГИ ОСНОВНОГО АНТИГЕНА ФАГА RB30 ИЗ МЕТАГЕНОМА МОРСКОЙ ПЛАНКТОНИЧЕСКОЙ МИКРОБИОТЫ

А. А. Зимин¹, А. Л. Дроздов²

¹Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина
РАН, Пущинский научный центр биологических исследований РАН,
г. Пущино;

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
dr.zimin8@yandex.ru, anatoliyld@mail.ru

Иммуноглобулинподобный высокоантигенный белок Нос (от английского выражения: Highly antigenic Outer Capsid protein), декорирующий капсид бактериофага RB30 (Caudovirales: Myoviridae: Tevenvirinae: *Tequatrovirus*), содержит по сравнению с гомологом из T4 дополнительный PDK-домен. У Нос-RB30 на N-конце белка не 3 Ig-подобных домена, а 4. Второй Ig-домен (PDK-домен) белка Нос-T4 повторяется в последовательности Нос-RB30 дважды за счет внутригенной дубликации (Zimin, Mikoulinskaia, 2002, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/AAM52483.1>). Подобное явление замечено нами ранее и для ряда других бактериофагов, представителей подсемейства Tevenvirinae (Zimin et al., 2018 doi: 10.17537/2018.13.t39), например, бактериофагов RB69 и AehI. Сравнительный анализ аминокислотных замен в этих двух копиях PDK-домена у разных бактериофагов указывает на независимое происхождение таких белков, и, следовательно, на положительный отбор на белки с подобной дубликацией данного домена. Это, по-видимому, связано с его способностью к Ca²⁺-опосредованному связыванию олигосахаридов слизи кишечника животных и других функциональных олигосахаридов. В Генбанке на 20.07.2022 г. у T4-фагов найдено 80 гомологов Нос-RB30 идентичных по длине (472 ак). На настоящее время в Генбанке находится около 600 хорошо аннотированных геномов Tevenvirinae и близких подсемейств. Можно говорить, что дубликация PDK-домена за счет внутригенной рекомбинации является достаточно частым явлением. Возможно, положительный отбор, действующий на данную структуру, может быть связан с повышением аффинности связывания бактериофагов T4-типа слизью разных животных и тем самым с эффективной аккумуляцией бактериофагов в том или ином биотопе. Метагеномика океана является источником новых последовательностей самых разных белков. Поиск гомологов среди метагеномных последовательностей – это метод, позволяющий шире взглянуть на конкретное семейство белков, а

также найти аминокислотные последовательности с прикладными целями.

Мы провели поиск гомологов белка Нос-RB30 среди аминокислотных последовательностей в метагеноме Global Ocean Sampling (GOS), полученном в результате секвенирования ДНК из проб планктонической микробиоты Атлантического и Тихого океанов в области экватора. Найдено 42 гомолога со статистическим порогом E ниже или равно 0.004. Для изучения эволюционной близости найденных гомологов к белкам Нос разных T4-бактериофагов мы провели сравнительный филогенетический анализ как найденных гомологов, так и Нос-белков длиной 472 аминокислоты из геномов T4-подобных бактериофагов. Эволюционная история в виде филогенетического дерева была выведена с использованием метода максимальной экономии (Maximum Parsimony). Получено самое экономичное дерево с длиной ветвей = 2581. Индекс согласованности этого дерева составил 0.604061, индекс удержания – 0.840766 и составной индекс равен 0.510454. Устойчивость этого дерева проверена в статистическом бутстреп-тесте путем 1000 повторов. МР-дерево получено с использованием алгоритма Tree-Bisection-Regrafting, в котором исходные деревья были получены случайным добавлением последовательностей путем 10 повторений этого анализа. В этом анализе участвовало 57 аминокислотных последовательностей гомологов белка Нос бактериофага RB30. Эволюционные анализы проводили в пакете программных средств MEGA X.

Последовательность GOS 2762565 образует отдельную ветвь и укореняет полученное эволюционное дерево. Остальная часть дерева состоит из двух ветвей. Одна из них содержит только последовательности из метагенома микробиоты океана, полученного К.Вентером и коллегами в ходе сбора проб в экваториальной части мирового океана в экспедициях Sorserer I и Sorserer II. Другая ветвь образована как фаговыми, так и океаническими белками. При этом лишь 8 последовательностей из метагенома Global Ocean Sampling расположились на той же ветви филогенетического дерева, что и последовательности декорирующих белков бактериофагов T4 типа. Это последовательности GOS 2399286, GOS 1808414, GOS 610912, GOS 9545250, GOS 9578322, GOS 9547762, GOS 9543731 и GOS 2756330, которые образовали три подветви. Две первые последовательности из этого списка образовали отдельные подветви. Эти восемь последовательностей проявили наибольшее сходство с четырьмя функциональными доменами белка Нос бактериофага RB30. Можно предположить, что они могут иметь сходные функции, и даже сходную аффинность к лигандам, характерным для морских биотопов.

С помощью программного средства BLASTp в метагеноме Global Ocean Sampling обнаружены 42 гомолога высокоантигенного декорирующего капсид белка Нос бактериофага RB30.

Анализ сходства этих океанических последовательностей с последовательностями гомологов Нос RB30 у бактериофагов подсемейства Tevenvirinae с помощью множественного наложения средством ClustalW и путем построения филогенетического дерева с использованием метода Maximum Parsimony показал, что к наиболее близким к фаговым антигенам могут быть отнесены только восемь из них, а именно GOS 2399286, GOS 1808414, GOS 610912, GOS 9545250, GOS 9578322, GOS 9547762, GOS 9543731 и GOS 2756330.

Эти восемь последовательностей с помощью геномной инженерии могут быть экспонированы на поверхности капсида эффективных бактериофагов любой специфичности к бактерии-хозяину и испытаны, как обеспечивающие аккумуляцию бактериофагов в тех или иных морских биотопах. Следовательно, выявлены специфические белковые последовательности, которые могут быть применены для активизации бактериофагов суши для их использования в фаговой терапии марикультуры. Надо заметить, что было проведено сравнительное исследование океанических гомологов иммуноглобулинподобного белка Нос RB30, имеющего дублированный домен адгезии, что позволяет надеется на получение на основе найденных последовательностей высокоактивных в связывании с лигандами из морских биотопов терапевтических бактериофагов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-25-00669, <https://rscf.ru/project/22-25-00669/>

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ *PSEUDO-NITZSCHIA FRAUDULENTA* (CLEVE) HASLE И *PSEUDO-NITZSCHIA HASLEANA* LUNDHOLM (BACILLARIOPHYTA) В ЛАБОРАТОРНОЙ КУЛЬТУРЕ

А. А. Зинов, И. В. Стоник

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
toni.zinov.95@mail.ru

Диатомовые водоросли рода *Pseudo-nitzschia*, известные как потенциальные продуценты нейротоксичной домоевой кислоты (ДК) (Bates et al., 2018), относятся к одной из наиболее многочисленных групп токсичного фитопланктона, регулярно вызывающей “цветения” воды в дальневосточных морях России (Стоник, Орлова, 2018; Stonik et al., 2019). Температура играет решающую роль в метаболических процессах диатомей, влияет на фотосинтез и усвоение питательных веществ и, в более общем плане, воздействует на ферментативную активность всей клетки (Raven, Geider, 1988; Davison, 1991; Clauquin et al., 2008). Таким образом, температура – это важный фактор роста и развития “цветения” диатомовых водорослей (Fu et al., 2012). Виды *P. fraudulenta* и *P. hasleana* почти ежегодно присутствуют в зал. Петра Великого Японского моря как важный компонент “цветений” видов этого рода (Stonik et al., 2008; Стоник и др., 2018). Однако факторы окружающей среды, в первую очередь температура, влияющие на плотность и физиологическое состояние *Pseudo-nitzschia* spp., изучены недостаточно.

Цель настоящей работы – выявить оптимальные температурные условия для роста *P. fraudulenta* и *P. hasleana* в лабораторных культурах.

Материалом для работы послужили альгологически чистые культуры диатомовых водорослей, изолированные из зал. Петра Великого и поддерживаемые в Ресурсной коллекции “Морской биобанк” (<http://marbank.dvo.ru/index.php/en/>). Культура *P. fraudulenta* (клон MBRU-PF-16) изолирована из Амурского залива (43°12’00” с.ш., 131°54’50” в.д.) в ноябре 2016 г. при температуре воды 7.8°C. Культура *P. hasleana* (клон MBRU-PH-18) изолирована из б. Патрокл Уссурийского залива (43°04’14” с.ш., 131°57’37” в.д.) в ноябре 2018 г. при температуре воды 8.9°C. Культуры выращивали в 250 мл колбах Эрленмейера с объемом культуральной суспензии 200 мл при освещенности на поверхности колб 3500 лк с продолжительностью светового периода 12 ч в сут. Культуры *P. fraudulenta* и *P. hasleana* выращивали при температурах 5, 10, 16, 18°C и 7, 14, 17, 20°C соответственно. Материал изучали и подсчитывали при помощи светового микроскопа Olympus BX 41 (Токио, Япония). Все эксперименты проводили в трех повторностях,

пробы для подсчета клеток отбирали через каждые двое суток. Время эксперимента составляло 15 сут. Скорость роста и время генерации определяли по соответствующим формулам (Jones et al., 1963; Brown et al., 1998). Проверку на наличие достоверной связи между температурой, сутками культивирования и плотностью клеток выполняли с помощью двухфакторного дисперсионного анализа. Для проверки достоверности различий между плотностью клеток при разных температурах использовали критерий Тьюки. Данные статистически обработаны с помощью программного обеспечения Statistica v. 7 (StatSoft Inc., Талса, Оклахома, США).

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что статистически значимыми факторами, влияющими на плотность клеток *Pseudo-nitzschia*, являются: температура, время генерации и взаимодействие этих двух факторов.

Изменения плотности клеток *P. fraudulenta* (кривые роста) значительно различались при выращивании при температурах 18 и 5°C, 10 и 16°C. Максимальная плотность клеток вида (91 тыс. кл./мл) отмечена при температуре 18°C на экспоненциальной стадии роста (7 сут) при скорости роста 0.16 дел./сут и времени генерации 4.5 сут. Наименьшая плотность клеток (20 тыс. кл./мл) зарегистрирована при температуре 5°C на экспоненциальной стадии роста при скорости роста 0.1 дел./сут и времени генерации 9.2 сут. На экспоненциальной стадии роста (7 сут) и до конца опыта (15 сут) статистически достоверные различия отмечены между плотностью клеток при выращивании при 16 и 18°C, что подтверждено тестом Тьюки.

Изменения плотности клеток *P. hasleana* (кривые роста) значительно различались при выращивании при температурах 7 и 14°C, 17 и 20°C. Максимальная плотность клеток вида (26 тыс. кл./мл) отмечена при температуре 17°C на экспоненциальной стадии роста (8 сут) при скорости роста 0.2 дел./сут и времени генерации 3.6 сут. Наименьшая плотность клеток (1.7 тыс. кл./мл) зарегистрирована при температуре 7°C на экспоненциальной стадии роста при скорости роста 0.1 дел./сут и времени генерации 4.8 сут. На экспоненциальной стадии роста (8 сут) и до конца опыта (15 сут) статистически достоверные различия отмечены между плотностью клеток при выращивании при температуре 17 и 20°C, что подтверждено тестом Тьюки.

Из полученных данных следует, что при выращивании клонов *P. fraudulenta* и *P. hasleana* в диапазоне температур от 10 до 18°C и от 14 до 20°C соответственно, клетки оставались в жизнеспособном состоянии и продолжали делиться. При понижении температур культивирования *P. fraudulenta* до 5°C и *P. hasleana* до 7°C, деление клеток резко замедлялось, в пробах отмечали большое количество погибших клеток. Оптимальная

температура для роста *P. fraudulenta* и *P. hasleana* в лабораторных условиях составляла 18 и 17°C соответственно.

Таким образом, толерантный диапазон температуры при культивировании *P. fraudulenta* варьировал от 10 до 18°C, а *P. hasleana* от 14 до 20°C. Поскольку изученные нами клоны были изолированы из природной среды при относительно низкой температуре воды (около 8–9°C), по-видимому, *P. fraudulenta* и *P. hasleana* адаптированы к выживанию в широком диапазоне температур, что согласуется с имеющимися в научной литературе данными о широком распространении этих видов в планктоне высоких, низких и умеренных широт (Bates et al., 2018).

**РЕВИЗИЯ РОДА *METONCHOLAIMUS* (NEMATODA, ENOPLIDA) С
ОПИСАНИЕМ НОВОГО ДЛЯ НАУКИ ВИДА *METONCHOLAIMUS
PLACATUS* SP. NOV. ИЗ ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ**

Ю. К. Зограф, Ю. А. Требухова, О. Н. Павлюк

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

Свободноживущие нематоды – одна из самых разнообразных и самая обильная группа многоклеточных организмов донных осадков Мирового океана. Нематоды составляют порой более 90% численности бентосных метазоа. Высокие обилие и разнообразие, широкое распространение, малое время генерации и высокая скорость метаболизма делают нематод важным звеном в потоках вещества и энергии, трофических взаимоотношениях между всеми размерными блоками в морских экосистемах. Несмотря на полуторавековую историю изучения нематод, данные об их биоразнообразии все еще остаются недостаточными, и описание новых для науки видов все еще является важной задачей современной нематологии. *Metoncholaimus placatus* sp. nov. был найден в пробах грунта, взятых в ходе экспедиции в Южно-Китайское море в июле 2021 г. Новый вид отличается от всех, описанных ранее представителей данного рода, более длинными спикулами, более сложно устроенным преклоакальным супплементарным органом и расположением пор деманиевой системы. Таким образом, к настоящему времени известно 25 видов *Metoncholaimus*, для которых составлены определительные ключи и картиночные определители.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЧЕТЫРЁХ
МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ (CO1, 16S, 12S И 18S) И
СИСТЕМАТИКА КАЛЬМАРОВ СЕМЕЙСТВА GONATIDAE
(CEPHALOPODA: TEUTHIDA: OEGOPSIDA)**

А. О. Золотова¹, О. Н. Катугин²

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

²*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),
г. Владивосток,
anna.o.zolotova@gmail.com*

Кальмары семейства Gonatidae (Cephalopoda: Oegopsida: Teuthida) – многочисленные морские обитатели приполярных районов северного и южного полушарий. На ранних стадиях онтогенеза эти кальмары обитают в эпи- и мезопелагиали, а во взрослом состоянии живут, в основном, в мезопелагиали и на континентальном склоне. Благодаря высокой численности и биомассе виды семейства Gonatidae являются важными компонентами пищевых цепей пелагических и придонных морских и океанических сообществ. Несмотря на высокую экологическую (и экономическую) значимость кальмаров-гонатид, существуют нерешенные вопросы систематики этого семейства. Цель данной работы – исследование систематики кальмаров семейства Gonatidae при помощи четырех молекулярно-генетических маркеров CO1, 16S, 12S и 18S

Кальмаров семейства Gonatidae вылавливали тралами во время научно-исследовательских работ в Охотском, Беринговом и Японском морях, а также в северо-западной части Тихого океана. У особей из собранной коллекции выделяли тотальную ДНК, а затем анализировали последовательности Co1 (≈580 п.н.), 16S (≈550 п.н.), 12S (≈260 п.н.) и 18S (≈400 п.н.).

Для каждого маркера методом ABGD-анализа (Automatic Barcoding Gap Discovery) были получены “видовые” группировки: 14 группировок для CO1, 10 – для 16S, 8 – для 12S (модели JC, K2P, simple distance), а также 6 (модели K2P и JC) и 1 (simple distance) – для 18S. На филогенетических деревьях (Maximum Likelihood, Neighbor-joining, mrBayes) по данным маркера 18S образовались только 4 кластера, 3 из которых соответствовали видам. Показано, что данный маркер не подходит для видовой идентификации исследованных особей семейства Gonatidae. На филогенетических реконструкциях маркеров CO1, 16S и 12S обособились 14 кластеров, соответствующих 12 разным номинальным видам, определенным ранее по морфологическим признакам. Число видовых кластеров, выявленных в результате анализа

последовательностей, оказалось на 2 больше, чем число номинальных видов.

Gonatus berryi обособился на *Gonatus cf. berryi* 1 и *Gonatus cf. berryi* 2, что указывает на наличие двух сестринских видов, обнаруженных впервые. По данным филогенетического и ABGD-анализов по трём маркерам также выявлены два видовых кластера для *Boreoteuthis borealis* (крупноразмерная и мелкоразмерная формы). Вероятно, данные формы являются разными видами. Кроме того, показано, что несмотря на различия в морфологических признаках между родами *Gonatus* (виды с пятирядной радулой и наличием ловчих щупалец у взрослых особей) и *Gonatopsis* (виды с пятирядной радулой и отсутствие ловчих щупалец у взрослых особей), представители рода *Gonatopsis* кластеризуются вместе с видами рода *Gonatus*. При совместном анализе наших данных с объединенными данными из генного банка (GenBank, NCBI) выявлены предположительно ошибочно идентифицированные особи из коллекции генного банка. Также на реконструкциях по маркеру CO1 из коллекции генного банка показано, что *Gonatus steenstrupi* и *Gonatus fabricii* объединяются в один видовой кластер.

ГЕЛЬМИНТЫ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА *BERRYTEUTHIS MAGISTER* (CERIALOPODA, GONATIDAE) РАЙОНА СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

М. А. Зувев, З. И. Мотора

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

mikhail.zuev@tinro-center.ru, zoya.motora@tinro-center.ru

Тихоокеанская сторона северных Курильских о-вов является важнейшим районом промысла командорского кальмара в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. С начала промысла в 1977 г. в Северо-Курильской зоне ежегодно добывается от 9 до 90 тыс. т кальмара, что может составлять до 99% от общего вылова командорского кальмара за год.

Видовой состав гельминтов командорского кальмара изучен очень слабо. Имеется всего несколько публикаций по заражённости *Berryteuthis magister* в районе Курильских о-вов и Берингова моря. Согласно литературным данным, список паразитов командорского кальмара состоит из 7 видов: цестоды *Nybelinia* sp. и *Phyllobotrium* sp., нематоды *Anisakis* sp. I, *Anisakis simplex* и *Thynnascaris* sp., скребни *Echinorhynchus cotti* и трематоды *Derogenes varicus* (Багров, 1982; Авдеева и др., 1982).

Сбор паразитов командорского кальмара проводили с 4 сентября по 2 октября 2021 г. с тихоокеанской стороны Четвёртого Курильского пролива (о-ва Парамушир – Онекотан), на ведущем специализированный промысел командорского кальмара РС (БМРТ) “Бакланово”. Всего с 18 донных тралений собрано 103 пробы. Исследовали свежевыловленного кальмара промыслового размера с длиной мантии от 17.6 до 29.2 см. Общая заражённость составила 100%. Найденных гельминтов фиксировали 70% этанолом. В работе использовали стандартные количественные показатели зараженности: экстенсивность инвазии (ЭИ, %), амплитуда инвазии (АИ, экз.) и индекс обилия (ИО, экз.) (Аниканова и др., 2007).

В результате паразитологического вскрытия командорского кальмара обнаружено 9 видов гельминтов, относящихся к 2 типам, 2 классам, 4 отрядам, 4 семействам и 6 родам. Все обнаруженные паразиты находились на личиночной стадии, это 7 видов личинки цестод (плероцеркоиды): *Pelichnibothrium* sp., *Phyllobotrium* sp., *Scolex pleuronectis*, *Nybelinia surmenicola*, *Nybelinia* sp., *Tentacularia* sp. и *Tetraphyllidea* gen. fam. sp., а также 2 вида личинок нематод: *Anisakis simplex* и *A. typica*.

По локализации на теле кальмара отмеченных паразитов можно условно разделить на три группы: I – находящиеся в инцистированном состоянии на поверхности печени и желудка (нематоды рода *Anisakis*); II – свободно передвигающиеся на органах мантийной полости и в желудке (цестоды рода *Nybelinia*); III – прикрепленные к печёночным протокам в районе поджелудочной железы, иногда внутри кишечника (цестоды *Phyllobothrium* sp. и *Scolex pleuronectis*).

Интенсивнее всего командорский кальмар поражает *Phyllobothrium* sp., обнаруженный у 99.03% моллюсков, он же был и самым многочисленным – амплитуда инвазии 2–115 экз.; индекс обилия 33.75 экз. Для второго по встречаемости вида *Nybelinia surmenicola* ЭИ составила 98.06%, АИ – 1–15 экз. и ИО – 4.94 экз. Эти виды паразитов широко распространены в Северной Пацифике. Цестоды *Pelichnibothrium* sp. и *Tentacularia* sp. в исследованных пробах встречались единично, показатели заражённости для первого вида составили ЭИ 0.97%, АИ 1 экз. и ИО 0.01 экз.; для второго – ЭИ 3.88%, АИ 1–2 экз. и ИО 0.05 экз.

Кроме цестод у кальмара обнаружены 2 вида нематод *Anisakis simplex* (ЭИ 19.42%, АИ 1–6 экз. и ИО 0.32 экз.) и *A. typica* (ЭИ 7.77%, АИ 1–2 экз. и ИО 0.09 экз.).

Как и в предыдущем исследовании (Авдеева и др., 1982), в настоящей работе доминирующим паразитическим видом является *Phyllobothrium* sp. Однако экстенсивность инвазии по нашим данным несколько выше (99.03% против 95.3%), а индекс обилия выше более чем в 3.5 раза (33.75 экз. против 9.18 экз.).

В работе 1982 г. отмечен один вид нематод *Anisakis* sp., показатели заражённости составили ЭИ 13.6%; ИО 0.2. В нашем исследовании зарегистрировано 2 вида анизакид с общей заражённостью 25.24%.

В толще мантии командорского кальмара не были найдены паразиты ни в предыдущем, ни в нашем исследовании.

ЖАРКОЕ ЛЕТО 2021 ГОДА В ПРИМОРЬЕ: МАРИКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ

Ю. И. Зуенко, А. А. Никитин, А. Л. Фигуркин, В. И. Матвеев
*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),
г. Владивосток
zuenko_yury@hotmail.com*

Летом 2021 г. у берегов Приморья сложились аномальные океанологические условия, характеризующиеся прежде всего повышенной (с аномалиями до +7 градусов) температурой в поверхностном слое моря. В период наибольшего прогрева (конец июля – начало августа) температура поверхности Амурского залива во Владивостоке превысила 26°C, что является абсолютным рекордом за многие годы наблюдений. Подобные условия стали результатом стечения нескольких факторов, способствующих росту температуры, таких как длительный период безоблачной погоды, отсутствие штормов, перемешивающих водную толщу, и усиленная адвекция тёплых и солёных субтропических вод в северную часть моря, включая зал. Петра Великого. Общей причиной всех этих факторов была необычная расстановка основных центров действия атмосферы в Азиатско-Тихоокеанском регионе, прежде всего повышенная активность Гавайского антициклона, западный отрог которого достигал окраинных морей Восточной Азии, и слабость Охотского антициклона. Результатом этого стал ранний переход от первой фазы летнего муссона ко второй и мощный вынос тропических воздушных масс на север, способствовавший проникновению субтропических вод к берегам Приморья. Такая ситуация вполне соответствует современной тенденции в глобальных изменениях климата.

Росту температуры воды в поверхностном слое моря сопутствовали рост солёности и увеличение числа тропических видов рыб и беспозвоночных в прибрежных водах Приморья (в чём проявилось влияние субтропических вод), снижение содержания растворённого кислорода (поскольку растворимость кислорода в воде понижается с ростом температуры) и концентраций биогенных элементов (из-за ослабления вертикального обмена). Кроме того, несколько изменилась циркуляция вод в прибрежной зоне. Все эти изменения потенциально могут быть неблагоприятны для марикультуры. Например, изменение циркуляции вод и соответственно направлений переноса личинок моллюсков и зооспор водорослей в период нахождения в планктоне могут воспрепятствовать достижению ими подходящего субстрата для оседания спата. Однако фактически зафиксировано лишь несколько сообщений о

повышенной смертности спата и взрослых особей гребешка на плантациях южного Приморья, по-видимому, из-за недостатка кислорода. В целом для приморской марикультуры аномальное потепление не имело катастрофических последствий, как это бывало в соседних странах. Несомненно, главной причиной сравнительно несущественных последствий аномальных условий является слабое развитие марикультуры в Приморье и ещё более слабое развитие исследований влияния условий среды на марикультуру. Вместе с тем следует принимать во внимание и такие естественные особенности прибрежных вод Приморья, как резкие сезонные изменения температуры и солёности, благодаря чему местные виды обладают высокой толерантностью к этим параметрам морской среды, и пока ещё малое распространение "красных приливов".

Сложившиеся в 2021 г. условия пока что необычны для Приморья и являются статистическим выбросом. Однако в процессе глобальных климатических изменений параметры прибрежных вод меняются именно в сторону роста температуры, снижения содержания кислорода, уменьшения биопродуктивности, то есть при сохранении современной динамики изменений климата, наблюдавшиеся летом 2021 г. условия могут когда-нибудь стать типичными.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ВКУСОВЫХ АТТРАКТАНТОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

О. М. Исаева, Н. Ф. Окрестина

Камчатский государственный технический университет,

г. Петропавловск-Камчатский

olisa24@bk.ru

В рыбоводстве используются более сотни видов корма и кормовых добавок, произведенных из отходов пищевой промышленности, пищевых и маслоэкстракционных производств, в том числе из продуктов микробиологического синтеза, а также различные соли, витамины, ферменты, аминокислоты, антибиотики, сорбенты, антиокислители и вкусовые добавки. Кормовые компоненты, создаваемые агропромышленностью из вторичного сырья растительного и животного происхождения, содержат легкоусвояемые протеины, ценные углеводы и другие полезные вещества. Они не только гораздо более питательные и сбалансированные, чем рыбная мука, но и более бюджетные. Рецептуры корма для разных видов рыб регулярно обновляются, в их состав вводятся всё новые компоненты и биологически-активные добавки, отражающие новейшие данные по физиологии гидробионтов. Однако сложно создать кормовые добавки, которые удовлетворяли бы оросенсорные потребности рыб и могли привлечь рыбу, увеличив тем самым количество съедаемого ею корма. Нехватка именно таких кормов остро ощущается на российском рынке в настоящее время.

Проведенные нами исследования показали возможность утилизации отходов, образующихся после разделки гидробионтов (крабов, креветок, ламинарии и т.д.), и получения вкусовых добавок из этого, доступного в Камчатском крае, сырья. Для подтверждения эффективности применения кормовых добавок, полученных из отходов морских гидробионтов, использовали методику определения поведенческих тест-реакций рыб на корм с новой вкусовой добавкой. Поиск натуральных пищевых аттрактантов показал, что отходы от переработки ракообразных (креветки, крабы) и бурых водорослей (ламинария), а также личинки хирономид обладают привлекательным вкусом для лососевых рыб (кижуч, кета), что подтверждается рыбоводно-биологическими испытаниями, проведенными нами на “дикой” молоди кижуча (в 2020 г.) и “заводской” молоди кеты (в 2021 г.).

В рыбоводстве температура воды – один из определяющих экологических факторов, особенно важный для пойкилотермных позвоночных, активность протеолитических ферментов которых зависит от температуры окружающей среды. Этот фактор практически полностью контролирует процессы питания, роста и развития водных организмов.

Наряду с качественным кормом важную роль играют гидрологические условия содержания молоди: чем стабильнее температурный фон, тем равномернее ежемесячный прирост рыб. Проведённые исследования зависимости прироста массы тела от колебаний температуры достоверной связи между колебаниями температуры и приростом молоди кеты не выявили, возможно, потому что колебания были незначительны. В экспериментальной группе минимальный прирост наблюдался при температуре 10.8°C, при понижении температуры до 10.5°C прирост массы увеличился и затем постепенно повышался. Но на экспериментальном корме с экстрактом краба максимальный прирост был зафиксирован при температуре 10.9°C.

Жидкие аттрактанты, разработанные нами в качестве добавки к стандартным комбикормам для молоди и старшевозрастных групп лососеобразных, показали высокую эффективность применения на искусственно выращенной молоди кеты и на “дикой” молоди кижуча.

РОЛЬ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ТИПА КОРМА ПРИ ЗАВОДСКОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ В ПРИМОРЬЕ

М. В. Калинина

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

mariana.kalinina@tinro-center.ru

Культивирование беспозвоночных в контролируемых (заводских) условиях предусматривает регулирование процессов их воспроизводства, что предполагает глубокое знание биологии видов-аквакультурантов. Прибрежье южного Приморья является местом естественного обитания тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* – объекта марикультуры во многих странах мира. При организации работы устричных хозяйств, специализирующихся на заводском производстве посадочного материала, необходимо учитывать местную специфику, связанную как с природными условиями региона, так и с особенностями технологического процесса в каждом из них. Залогом их успешного функционирования является создание оптимальных условий для выращивания личинок. На базе обособленного подразделения марикультуры ТИНРО на о-ве Попова с 2019 г. проводятся исследования, связанные с разработкой биотехнологической схемы получения заводским способом молоди тихоокеанской устрицы *C. gigas*, адаптированной к условиям южного Приморья. Нами проведены эксперименты по оценке влияния температуры, солености и разных типов корма на рост, развитие и выживаемость личинок устрицы в условиях массового выращивания.

В контролируемых условиях личинки тихоокеанской устрицы проявляют широкую толерантность к температуре и солености, величины которых могут выходить за пределы условий обитания данного вида в естественной среде. В водах Приморья эмбрионы и личинки устрицы нормально развиваются при температуре от 18 до 30°C и солености от 16 до 34‰, значения выше и ниже этих величин существенно снижают темпы их роста и могут привести к гибели (Ярославцева и др., 1990; Helm et al., 2004).

Личинки устрицы являются сестонофагами, основным источником пищи для них служат одноклеточные микроводоросли (Webb, Chu, 1983). В устричных хозяйствах промышленного типа наряду с живыми кормами часто используют водорослевую пасту (концентрат) из микроводорослей (Laing, 1987).

Для подбора оптимальных параметров культивирования устрицы в заводских условиях личинок выращивали в температурных диапазонах 21–22 и 24–25°C и солености равной 33, 26 и 20‰. В качестве альтернативного корма вместо живых культур микроводорослей *Isochrysis galbana* и *Chaetoceros muelleri* использовали их концентраты в свежем виде.

Повышенная температура (24–25°C) оказала положительное влияние на скорость эмбрионального и личиночного развития тихоокеанской устрицы: эмбриогенез завершился раньше на 2 ч, переход на стадию D-велигера произошел на 8 ч раньше, на стадию великонха – на 1 сут, на стадию педивелигера – на 4 сут раньше. При этом наблюдалось снижение выживаемости личинок: от оплодотворенной яйцеклетки до стадии D-велигера она составила 59% (при 21–22°C – 74%), от D-велигера до педивелигера – 25% (при 21–22°C – 36%). Причиной снижения выживаемости личинок могло стать накопление метаболитов из-за интенсификации обменных процессов, что приводит к общему ухудшению качества воды. Отмечено, что при повышении температуры пищевые потребности личинок возрастали, что свидетельствует об ускорении их метаболизма.

Выращивание личинок в воде пониженной солености (20 и 26‰) положительно сказалось на скорости их роста: после 18 сут выращивания их размеры достоверно различались: 128.1, 105 и 95.6 мкм при 20, 26 и 32‰ соответственно (Табельская, Калинина, 2021). Выживаемость также была более высокой при выращивании в воде с пониженной соленостью: 85.7, 78.5 и 60% при 20, 26 и 32‰ соответственно. Наилучшие рост и выживаемость отмечены у личинок при солености 20‰. Полученные нами результаты отличаются от величин, приводимых в качестве оптимальных для выращивания личинок тихоокеанской устрицы другими авторами: 30‰ (Shellfish culture, 2008) и 25–28‰ (Helm et al., 2004). Эти различия можно объяснить приспособительной реакцией личинок устрицы к обитанию в распресненной воде в условиях южного Приморья, где основные устричные скопления локализованы в местах, подверженных влиянию речных стоков и обилию сезонных осадков в период личиночного этапа развития (Соколенко, Калинина, 2018).

Сравнение эффективности живых культур микроводорослей и их свежих концентратов для личинок тихоокеанской устрицы на стадии велигера показало существенное снижение темпов роста во втором случае. На 7-е сут выращивания размеры личинок, питающихся концентратами, были достоверно ниже: длина 93.1 и высота 89.7 мкм по сравнению с 102.2 и 103.3 мкм на живых кормах. Двукратное увеличение количества концентрата в одном из вариантов эксперимента не оказало существенного влияния на скорость роста личинок. Величины среднесуточного прироста у личинок, питавшихся концентратом в обоих

вариантах, были почти в два раза ниже, чем при кормлении живыми микроводорослями, а смертность в 1.5 раза выше. Пищевые потребности и интенсивность питания у личинок устрицы на разных стадиях развития различаются (Gerdes, 1983). Велигеры характеризуются повышенной чувствительностью и избирательностью к составу и качеству корма из-за не до конца сформировавшегося пищеварительного аппарата (Gallager, 1988). По нашим данным, концентрат микроводорослей не соответствует пищевым потребностям и возможностям личинок устрицы на этапе миксотрофного питания (стадия велигера). Их использование в качестве частичной или полной замены живых кормов допустимо на более поздних стадиях развития личинок, начиная с этапа экзотрофного питания (стадия великонха).

Таким образом, повышение температуры положительно влияет на скорость развития эмбрионов и личинок устрицы, при этом возрастают пищевые потребности личинок. На стадии велигера применять концентрат микроводорослей в качестве альтернативного корма (вместо живых культур микроводорослей) нецелесообразно. Выращивание личинок устрицы при пониженной солености (20‰) в хозяйствах южного Приморья может быть перспективным.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНОВ ГОРМОНА РОСТА У ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

Д. Н. Каменская, Вл. А. Брыков

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

Дубликации генов являются одним из основных способов формирования нового генетического материала в процессе эволюции. Дублицированные гены возникают в результате неравного кроссинговера, дубликации отдельных хромосом, tandemных дубликаций части хромосом или дубликации всего генома. Далеко не все дублицированные гены сохранились как функциональные единицы. Часть генов была утрачена в результате вторичной диплоидизации, а копии генов, которые остались, объединялись в генные семейства. Отбор на дублицированные гены также действует с разной интенсивностью, что позволяет одной из копий накапливать изменения с более высокой частотой. В зависимости от значимости выполняемых функций судьба дублицированных генов может складываться по-разному. Наиболее частый случай – потеря функции в результате накопления мутаций одним из паралогов. Это приводит к тому, что одна из копий становится псевдогеном. Другой вариант – это субфункционализация, когда оба гена остаются функциональными, но транскрибируются в разных тканях или разделяют между собой функции, которые до дубликации выполнял один ген. Известны случаи, когда дублицированный ген приобретает новую, существенно отличающуюся функцию.

У лососевых рыб в результате нескольких раундов полиплоидизации многие гены оказались множественными, в том числе и ген гормона роста. Однако, за все время дивергенции лососевых (25–100 млн. лет) ни одна из двух копий не стала псевдогеном и не накопила такое количество замен, которое сопровождалось бы кодированием белка с новыми функциями (неофункционализация), отличными от тех, которые выполняет гормона роста. У всех исследованных видов лососевых гены гормона роста состоят из пяти интронов и шести экзонов. Различия в размере генов гормона роста, как у разных видов, так и между двумя копиями гена одного вида, связаны с разной длиной интронов. На сохранение функционального потенциала обоих генов указывает отсутствие дополнительных стоп-кодонов в нуклеотидной последовательности, открытая рамка считывания общей длиной 630 п.н. и высокая консервативность предсказанной аминокислотной последовательности, включая положения цистеиновых остатков. Несмотря на высокую консервативность кодирующей части генов

гормона роста лососевых, последовательности промоторных участков могут отличаться как числом замен, так и количеством сайтов связывания с транскрипционными факторами. Сравнительный анализ уровня дивергенции промоторных и белок-кодирующих последовательностей паралогичных генов гормона роста *gh1* и *gh2* среди разных представителей лососевых позволит установить участки нуклеотидной последовательности, которые различаются между генами, оценить их функциональную значимость и показать влияние отбора на паралоги.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА

А. Н. Камнев^{1,2,3}, И. В. Стуколова^{4,5}, Н. И. Соловьев²

¹*Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, г. Москва;*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, г. Москва;*

³*Московский государственный психолого-педагогический университет,
г. Москва;*

⁴*Редакция журнала “Вопросы современной альгологии”, г. Москва;*

⁵*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,
г. Москва*

info@algology.ru

Биогеохимический мониторинг – это последовательный ряд биогеохимических экспертиз, т.е. отбора и оценки проб как биологических, так и небиологических объектов на определенном участке. Используя методы биогеохимического мониторинга, можно отслеживать и изучать изменения в биосистемах под воздействием разнообразных загрязнителей, определяемых в абиотической составляющей системы.

Главным направлением биогеохимии является концепция биогеохимических провинций, в основе которой лежит определение специфики поведения минеральных элементов в пределах определенной территории (в нашем случае – Мирового океана). Общее содержание и специфика поведения этих элементов может быть связана как с их избытком, так и дефицитом в окружающей среде. Важным приёмом в биогеохимии является определение отношения содержания исследуемого элемента к определенному стандарту, а одним из интегративных аналитических подходов – построение геохимических спектров, учитывающих отношение содержания каждого элемента в исследуемом объекте к среднему содержанию в литосфере или земной коре соответствующей биогеохимической провинции (кларку). Для расчета коэффициента концентрирования в нашей работе были использованы кларковые значения элементов для Мирового океана, установленные А.П. Виноградовым.

Объектом для биогеохимического мониторинга выбран полигон на участке Таманского зал. Черного моря в окрестностях пос. Сенной, здесь в 2011–2013 гг. уже проводили исследования по оценке уровня загрязнения тяжелыми металлами. На берегу, в нескольких метрах от уреза воды был сделан почвенный разрез, глубиной в 80 см. Из разреза взяты 5 почвенных образцов с глубины 0, 20, 40, 60 и 80 см для последующего анализа. По линии трансекты по удалению от берега, через

каждые 20 м отбирали образцы донных отложений, морской травы *Zostera marina* и морской воды. Пробы для исследования готовили по стандартной методике. Содержание элементов в пробах определяли с использованием методов ААС и РФА.

В почве содержание железа с глубиной уменьшается, а фосфора, напротив, увеличивается. Также в верхних горизонтах почвы повышено содержание серы, при этом ее среднее содержание (394.9 мг/кг) более чем в 2 раза превышает ПДК (160 мкг/кг). Среди тяжелых металлов по содержанию в почве выделяются мышьяк (5.18 мг/кг), свинец (21.09 мг/кг), медь (35.02 мг/кг), никель (16.39 мг/кг) и цинк (84.17 мг/кг). ПДК большинства из них превышены в несколько раз, что свидетельствует о загрязнении прибрежной зоны тяжелыми металлами.

Максимальное содержание железа **в донных отложениях** отмечено непосредственно у берега, что, вероятно, связано с поверхностным смывом. Остальные элементы, очевидно, также подвержены этому процессу, поэтому их содержание в донных отложениях снижается при отдалении от берега. Исключением является сера, содержание которой возрастает с глубиной. Следует отметить, что содержание большинства тяжелых металлов в донных отложениях, за исключением Си, в исследованном районе в 2021 г. существенно увеличилось по сравнению с данными наших исследований 2011–2013 гг. Особенно значительно увеличилось содержание таких элементов как Zn, Pb и Cd.

Содержание всех элементов **в *Zostera marina*** в целом стабильно уменьшается при отдалении от берега. При этом отмечается способность данного растения накапливать элементы, в том числе и тяжелые металлы, в количествах больших, чем в донных отложениях.

Вода в целом значительно меньше накапливает минеральные элементы. Выделяется лишь сера, содержание которой напрямую связано с высоким содержанием сероводорода в водах Чёрного моря.

По построенным **геохимическим спектрам для почвы** ярко видно увеличение концентрации фосфора в почве с глубиной, что может быть связано с избыточным стоком фосфорных удобрений. На **геохимическом спектре для донных отложений** четко видны пики в концентрировании таких элементов, как сера и мышьяк. Концентрация мышьяка уменьшается с глубиной, что свидетельствует о стоке этого элемента с берега и осаждении его на малых глубинах. На **геохимическом спектре для зостеры** четко выделяются пики концентрирования S и Cd. Кадмий в большей степени осаждается в береговой зоне. Остальные элементы имеют схожее содержание по отношению к кларку на протяжении всей удаленности от берега. Данные по сере для донных отложений и зостеры показывают высокий коэффициент концентрирования этого элемента в исследованном районе. Отмеченная тенденция может быть обусловлена

как особенностями экологии Чёрного моря, богатого сероводородом, так и многолетним использованием в сельскохозяйственной практике данного региона препаратов, содержащих серу, в частности, при обработке виноградников. В воде не наблюдается накопления элементов по отношению к кларку провинции. Сера содержится на уровне соотношения 1 в равном отношении к кларку на протяжении всей удаленности от берега, остальные минеральные элементы преимущественно рассеиваются (отношение менее 1).

Полученные нами данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Содержание тяжелых металлов в береговой зоне превышает допустимые нормы. Возможно, это объясняется, в частности, экстремальными погодными условиями в Краснодарском крае 2021 г. (значительное превышение нормы осадков, затопление некоторых участков, сильное опреснение прибрежных морских вод).

2. Показано, что в исследованном районе в море с береговыми стоками поступает определенная часть As и Cd, но в прибрежной зоне они оседают и накапливаются в донных отложениях, что не противоречит классической концепции осадконакопления.

3. Наибольшим рассеиванием характеризуется группа литофильных и сидерофильных элементов, а концентрированием (или его тенденцией) – халькофильные элементы (S, As и Cd).

4. Показано, что высшие морские гидрофиты способны аккумулировать из окружающей среды такие элементы как S, Sr, Cd, As и P. Концентрации некоторых из них могут значительно превышать кларковские значения. Вероятно, что помимо участия в физиологических процессах, многие элементы могут депонироваться как в клетке, так и в апопласте, а затем переходить в окружающую среду уже в другой, возможно, нетоксичной форме и принимать участие в формировании донных отложений. Не исключено, что такой процесс является глобальным эволюционно отлаженным механизмом детоксикации и самоочистки водной среды.

5. Использование геохимических спектров позволяет выявить различающиеся группы элементов относительно кларка в золе растений, в донных отложениях, почве и воде по уровню их накопления. Поэтому такой подход представляется перспективным для мониторинга состояния окружающей среды.

**ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА,
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И БИОЛОГИИ МОРСКИХ СОМОВ (ARIIDAE)
В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МЕКОНГ**

*Е. П. Карпова^{1,2}, Ку Нгуен Динь², Э. Р. Аблязов^{1,2}, И. И. Чеснокова^{1,2},
Чыонг Ба Хай², С. В. Куриаков^{1,2}, Зыонг Тхи Ким Чи²*

¹ *Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь;*

² *Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского
Тропического научно-исследовательского и технологического центра
Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Хошимин, Вьетнам
karpova_jeu@mail.ru*

Рыбы семейства Ariidae (морские сомы) – одни из немногих представителей отряда сомообразных, которые перешли от пресноводных к морским условиям. Большинство из них приурочено к прибрежным и морским местообитаниям в тропических и субтропических водах. Арииды локально многочисленны в мангровых зарослях, крупных речных эстуариях, а также в прибрежных морских водах (до глубин около 150 м), отдельные виды – в пресных водах. Обычно ариевые – это крупные или средней величины рыбы, которые имеют высокую экономическую ценность благодаря размеру, местному изобилию, выносливости и качеству мяса. Их добывают с помощью разнообразных снастей (в основном донными тралами, жаберными сетями и неводами) и продают в свежем, копченом и соленом виде. Статистический ежегодник ФАО сообщает о диапазоне годового улова морских сомов из западно-центральной части Тихого океана от 49 600 до 72 900 т. Одним из районов активного промысла ариевых сомов является дельта р. Меконг и приустьевая прибрежная зона Восточного моря. В этом районе отмечается более 25 видов семейства (Rainboth et al., 2012).

Исследование обилия, распределения и биологии морских сомов проводили в нижней части дельты Меконга, расположенной на территории Вьетнама. Пределы изменения солёности составляли 0.1–26.3‰. Отбор проб производили донными тралениями с борта рыбацкого моторного судна, использовали стандартный промысловый бимтрал с жесткой металлической рамой. Его ширина составляла 4 м, высота 0.4 м, длина тралового мешка 12 м, размер ячеек сетного полотна во всем трале 10 мм. Конструкция и параметры тралов, которыми оснащены рыбацкие лодки во Вьетнаме, практически неизменны во всех провинциях.

После подъема трала на борт лодки производили сортировку улова, определяли рыб до вида, подсчитывали количество и определяли массу представителей каждого вида.

В эстуарной части дельты зарегистрировано 7 видов ариевых сомов, принадлежащих к 6 родам, что согласуется с известными для этого района данными (Tran et al., 2013). Виды *Hexanematichthys sagor* (Hamilton, 1822) и *Arius venosus* Valenciennes, 1840 встречаются преимущественно вдоль береговой линии вокруг эстуарной зоны. Вследствие этого, в уловы донных тралов они попадают крайне редко. Среди прочих 5 видов наибольшая доля по численности (62.7%) принадлежит пятнистому сому *Arius maculatus* (Thunberg, 1792), значительно меньшую относительную численность имеют *Cephalocassis borneensis* (Bleeker, 1851) – 20.3% и *Osteogeneiosus militaris* (Linnaeus, 1758) – 13.3%. Численность *Cryptarius truncatus* (Valenciennes, 1840) и *Nemapteryx caelata* (Valenciennes, 1840) составила 21 и 1.6% соответственно. Аналогичные соотношения наблюдались и по биомассе, что связано с довольно близким размерным составом всех видов.

Только один представитель семейства, *C. borneensis*, обнаружен преимущественно в солоноватоводных и пресноводных областях дельты, где соленость не превышала 4%. Прочие виды обитали в миксогалинной эстуарной зоне. Наиболее широко распространен *A. maculatus*, чей ареал охватывает также часть пресноводной области дельты. У сома *N. caelata* диапазон распространения и, соответственно, солености, самые узкие, этот вид встречался в основном в устьевой части дельты.

В популяциях *A. maculatus* и *C. borneensis*, представленных разноразмерными и разновозрастными особями, незначительно преобладали самки (соотношение 1.1:1 и 1.2:1 соответственно). Прочие виды представлены ювенильными особями, нагуливающимися в эстуарии, тогда как взрослые рыбы в основном встречаются в морских водах.

Морские сомы известны своим способом размножения: самки откладывают небольшое количество крупных яиц, которые самец после оплодотворения вынашивает в ротовой полости до тех пор, пока у вышедших из них личинок полностью не рассосется желточный мешок. Количество икринок в ротовой полости самцов слабо зависело от размеров рыб и было достаточно постоянным для каждого вида. У *C. borneensis* оно составляло в основном 22–23 шт., у прочих видов было несколько больше.

Максимальная удельная численность трех наиболее массовых видов – *A. maculatus*, *C. borneensis* и *O. militaris* соответственно достигала 1456, 1134 и 109 экз. на гектар площади дна. Средняя численность при этом составляла 25, 10 и 3 экз./га соответственно. Однако база для пересчета уловов в абсолютные значения для дельты Меконга отсутствует, поэтому полученные значения необходимо считать минимально возможными, а реальное обилие рыб может быть значительно выше.

Несмотря на промысловую значимость и активный вылов, изучению биологии морских сомов уделялось не слишком много внимания, и вопросы их роста, созревания, питания и других эколого-биологических особенностей требуют дальнейшего изучения.

СПОСОБ ВЫЖИВАНИЯ ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКОЙ СРЕДЫ

А. П. Касаткина, А. А. Косьяненко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО

РАН, г. Владивосток

apkas@mail.ru

Щетинкочелюстные (Щ) или морские стрелки (сагитты, Chaetognatha) относятся к постоянным характерным представителям планктона морей и океанов, где соленость составляет не менее 8‰. В многообразном населении водной толщи океана, связанном между собой сложными трофическими взаимоотношениями, щетинкочелюстные занимают промежуточное положение, для мальков рыб они являются хищниками, а для взрослых особей – пищей. Они часто образуют плотные скопления, составляющие по абсолютной массе до 300 мг/м³ даже в экстремальных условиях морской среды, подверженной мощной геофизической активности (например, в б. Кратерной вулкана Ушишир). Исследования Щ из этой бухты и районов дальневосточных морей с высокой геофизической активностью (например, Охотское море в районе г. Нефтегорск) показали спонтанное отделение головы от тела у Щ, однако и голова, и туловище продолжали жить в аквариуме наравне с целыми, неповрежденными особями (отдельная голова даже пыталась схватить пинцет щетинками). Они не только продолжали жить, но и размножались. В другом регионе с высокой геофизической активностью Пирр (Pierce, 1951) не только наблюдал подобные характерные аномалии стрелок, но и отметил регенерацию, возникновение глаз и самой головы у тела Щ, оставшихся без головы.

Экстремальные условия морской среды часто возникают в результате аварии на атомных подводных лодках. Проведенные исследования по влиянию радиации на Щ выявили у них характерные морфологические изменения: разрушался кишечник, голова становилась “лысой”, так как зубное вооружение отпадало. Животные не могли захватывать добычу, кишечник утрачивал способность переваривать пищу. Но такие особи продолжали жить. Опыты Э. Джирарделли (Ghirardelli, 1968) показали, что после отсечения головы у Щ они более месяца продолжали жить в аквариуме и восстанавливали голову и глаза.

Живых и фиксированных формалином животных мы изучали визуально, с помощью ручной лупы и микроскопа. Также исследовали парафиновые гистологические срезы. Как могут осуществляться жизненные функции животных, лишенных не только органов захвата пищи, но даже самой головы? Ответ на этот вопрос дают работы А. Пюттера (Pütter, 1921). Еще в 1908 г., анализируя уровни поглощения

кислорода и выделения углекислого газа рядом морских организмов, Пюттер пришел к выводу о том, что многие морские животные не могут существовать, питаясь только оформленной пищей. Отсюда он постулировал питание растворенными органическими веществами (РОВ) многих групп животных – простейших, губок, кишечнорастворимых и др. Это положение подкреплялось данными о том, что значительная часть первичной продукции теряется клетками водорослей в окружающую среду в виде РОВ. Анализы морских вод показали, что концентрации РОВ достигают 65 мг/л. Сравнивая количества оформленной и доступной животным-фильтраторам пищи с РОВ, содержащимися в профильтрованном организмом объеме воды, Пюттер пришел к знаменитому выводу о том, что РОВ – основа питания большинства водных животных. Это заявление вызвало оживленную дискуссию. Доводы Пюттера были экспериментально доказаны работами Ю.И. Сорокина и Д.И. Вышкварцева: Щ могут питаться растворенными в воде органическими веществами. Данные электронной микроскопии поверхностных клеток кожного эпителия Щ выявили наличие в них коротких микроворсинок (Shinn, 1997), что является подтверждением выводов предыдущих ученых о морфологических основах, свидетельствующих о возможности всасывания РОВ. Эти особенности строения, высокая степень регенерации, по-видимому, обуславливают необычайную жизнеспособность представителей Щ. Объяснением феномену продолжения жизнедеятельности (жить без головы и даже размножаться) может быть уникальная простота организации щетинкочелюстных, все тело которых состоит из эпителиев – кожного, кишечного и целомического, нервная система расположена преимущественно интраэпителиально, стенка гонад и элементы мышечной ткани являются производными целомического эпителия (Столярова, Касаткина, 2009). Проведенные в загрязненной органикой бухте Золотой Рог исследования показали, что основными компонентами планктона были Щ и медузы, т.е. животные, активно питающиеся РОВ при возможности. Гистологические срезы видов *Leptosagitta* и *Aidanosagitta* показали результаты питания РОВ. В полости тела и под кожей животных имелись многочисленные жировые включения, которые при вскрытии эпителия всплывали, создавая маслянистую пленку на поверхности планктонной пробы. РОВ в бухте Золотой Рог превышали ПДК в несколько раз, поэтому возможность всасывания растворенной органики в виде жировой субстанции и накопление ее не только в полости тела, но и под эпителием, что было выявлено гистологическими исследованиями. Именно таким образом, поглощая РОВ, Щ способны сохранять жизнедеятельность при повреждении главных органов – кишечника и утраты головы. Отложенные жировые питательные вещества являются запасом, материалом, который расходуется в

экстремальных условиях среды. При расходовании отложенных под кожный эпителий липидов наружные стенки эпителия схлопываются, т.е. соединяются, и образуют плавник или структуру, напоминающую по виду куст. Образование плавника или странной структуры, похожей на куст, не влияет на поддержку жизнеобеспечения животных. В периоды массовых вымираний биоты как животных, так и растений (пермь / триас) Щ продолжали существовать в толще воды, по-видимому, не соприкасаясь с грунтом. Вдали от грунта в толще воды они не становились объектом палеонтологической летописи Земли после триаса. Они отсутствуют в слоях мезозоя (юра, мел) и кайнозоя. Однако их появление уже не в отпечатках, а живыми в планктоне морей и океанов было отмечено Слаббером в 1769 году. Возможно, Щ – единственные в планктоне морей организмы, которые при повреждающих воздействиях радиации и геофизической активности или при нападении других планктеров (тифлосколексов, крупных копепод, которые выедают внутри кишечник Щ с питательными веществами) сохраняют жизнеспособность.

Таким образом, общепринятое представление обо всех представителях стрелок, как о несомненных хищниках, не соответствует действительности. При любых повреждениях со стороны хищников, в результате антропогенного загрязнения или естественных флуктуаций Щ способны сохранять жизнеспособность и продолжают присутствовать в своей естественной среде – в море при солености не ниже 8‰. Экологи могут использовать хетогнат в качестве биоиндикаторов для оценки состояния морской среды – природных флуктуаций и антропогенного влияния.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ

- В. В. Касьян¹, Д. Г. Битютский², В. П. Воронин³, О.А. Зуев⁴,
О. Ю. Калинина⁴, Г. Д. Колбасова⁶, А. В. Мишин⁴, С. А. Мурзина³,
Ф. В. Сапожников⁴, В. Л. Семин⁴, Е. С. Чудиновских⁵, А. М. Орлов⁴**
- ¹*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, Владивосток;*
- ²*Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-
исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
(АзНИИРХ), г. Керчь;*
- ³*Институт биологии Карельского научного центра РАН,
г. Петрозаводск;*
- ⁴*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;*
- ⁵*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь;*
- ⁶*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва
valentina-k@yandex.ru*

В последние десятилетия Антарктический полуостров и окружающие его моря претерпевают существенные трансформации в связи с глобальными изменениями климата (Anisimov et al., 2007). В Южном океане наблюдается значительное потепление, и с 1955 г. температура верхних слоев океана к западу от Антарктического полуострова повысилась более чем на 1°C (Meredith, King, 2005). Поскольку большинство планктонных организмов характеризуются короткими жизненными циклами, то они одними из первых реагируют на наблюдаемые климатические изменения. В данном исследовании сделана попытка изучения особенностей текущего пространственного распределения планктонных сообществ в проливе Брансфилда и в Антарктическом проливе, в бассейне Пауэлла, у Антарктического полуострова и у Южных Оркнейских островов. Определение основных факторов, регулирующих распространение и численность основных таксонов, поможет понять возможные механизмы их адаптации к изменениям окружающей среды.

Изучение термохалинной структуры верхнего 300 м слоя воды показало, что в проливе Брансфилда значительных отклонений в структуре вод, как и ранее (Morozov et al., 2021), не зафиксировано. В Антарктическом проливе наблюдались переменные течения, сильно зависящие от времени наблюдений. В целом воды Антарктического пролива значительно потеплели. Постоянного потока вод из моря Уэдделла в пролив Брансфилда через Антарктический пролив, как и ранее

(van Caspel et al., 2017; Krek et al., 2021), не зафиксировано. Вокруг Антарктического полуострова существенных изменений потенциальной температуры (Dorschel et al., 2016; Morozov et al., 2021) не наблюдалось. В бассейне Пауэлла значительных скоростей течений не отмечено, что согласуется с локализацией Антарктического склонового фронта (ASF) и фронта Уэдделла (WF).

В фотической зоне отмечено развитие 78 видов и подвидов микрофитов, девять из которых находились в форме спор и на вегетативной стадии (*Chaetoceros socialis*, *Ch. gelidus*, *Ch. tortissimus*, *Porosira glacialis*, *Thalassiosira* sp. 1, *Stellarima microtrias*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *C. radiatus* и *Polarella glacialis*). *Phaeocystis antarctica* наблюдали в эпифитной форме и в свободно плавающих колониях. В таксономическом отношении преобладали диатомеи – 60 видов и подвидов (76.9%). Практически повсеместно был отмечен комплекс доминирующих и массовых видов, включавший *Odontella weissflogii*, *Ph. antarctica* (на стадии пелагических колоний), *Ch. socialis*, *Ch. gelidus* (оба преимущественно на стадии споруляции), а также часто встречавшихся *Eucampia antarctica*, *Fragilaria islandica*, *Fragilariopsis sublinearis*, *Thalassiosira rotula*, *P. glacialis* и *Corethron pennatum*. В западной части бассейна Пауэлла абсолютно доминировали крупные колонии *Ph. antarctica*.

Макро- и мезопланктон представлен 42 видами из 11 крупных таксономических групп, среди которых преобладали копеподы, сальпы и эвфаузииды. Биомасса макропланктона варьировала от 0.2 до 207.5 г/1000 м³. В сообществах макропланктона доминировала сальпа *Salpa thompsoni*. Максимальные её концентрации отмечены в проливе Брансфилда у Южных Шетландских островов, в бассейне Пауэлла и у Южных Оркнейских островов. Максимальные скопления антарктического криля *Euphausia superba* отмечены в прибрежных водах пролива Брансфилда у Антарктического полуострова и на границе сплоченных льдов в зоне локального максимума chl-a. Молодь антарктического криля концентрировалась в прибрежных водах Антарктического полуострова под влиянием холодных модифицированных вод моря Уэдделла (TWW) и Антарктического прибрежного течения (ACoC). Взрослые особи криля были многочисленны на границе сплоченных льдов в зоне локального максимума chl-a под влиянием холодных шельфовых вод и сильного распреснения, а также в глубоководном районе у Южных Оркнейских островов в зоне влияния модифицированных теплых вод со значительным холодным промежуточным слоем шельфового происхождения. Максимальные скопления эвфаузииды *Thysanoessa macrura* зарегистрированы над юго-западным склоном бассейна Пауэлла.

Максимальные значения численности (2840.6 экз/м³) и биомассы (13343.1 мг/м³) мезопланктона отмечены над глубоководными желобами

у Южных Оркнейских островов, а минимальные (47.3 экз/м³ и 20.1 мг/м³, соответственно) – в прибрежных водах пролива Брансфилда у Антарктического полуострова. В сообществах мезопланктона значительную долю численности и биомассы составляли копеподы (*Oithona* spp., *Metridia gerlachei* и *Calanoides acutus*) (49 и 18%, соответственно) и антарктический криль (яйца, науплиусы и личинки) (44 и 68%, соответственно). Среди полихет отмечено 19 голопелагических видов, а также личинки 9 бентосных видов. Средняя численность полихет колебалась от 0.02 до 6.7 экз/м³ (в среднем 0.7 ± 1.6 экз/м³). Самым массовым и широко распространенным видом была *Pelagobia longicirrata*; высокое обилие имели *Rhynchonereella bongraini*, *Maupasias coeca*, *Tomopteris carpenter*, *Typhloscolex* sp. и *Vanadis antarctica*. Максимальное видовое разнообразие полихет было отмечено в глубоководном районе у Южных Оркнейских островов.

В ихтиопланктоне обнаружены 17 видов рыб, относящихся к 8 семействам. Максимальная численность таксонов отмечена на шельфе восточной оконечности Антарктического полуострова (7.4–8.4 экз/м²) и к северу от Южно-Оркнейского плато (5.2 экз/м²). Значительную долю (85%) составляли личинки и мальки пяти видов: *Notolepis coatsi*, *Pleuragramma antarctica*, *Electrona antarctica*, *Nototheniops larseni* и *Bathylagus antarcticus*. Выделены две экологические группы рыб на ранних стадиях развития: шельфовая (сем. *Nototheniidae*) и мезопелагическая (сем. *Mystophidae*, *Paralepididae* и *Bathylagidae*). Представители первой (*P. antarctica* и *N. larseni*) формировали локальные скопления на шельфе Антарктического полуострова. Молодь мезопелагических видов (*E. antarctica*, *B. antarcticus* и *N. coatsi*) была сосредоточена в глубоководных районах пролива Брансфилда и бассейна Пауэлла.

В целом, видовой состав сообществ планктона можно считать характерным для вод Атлантического сектора Антарктики в летний сезон южного полушария. Отмечено уменьшение численности, биомассы и величины ареала структурообразующего вида антарктической пелагиали – антарктического криля *E. superba*. Установлено, что ареал сальпы *S. thompsoni* расширяется, вытесняя антарктический криль. Возможно, это косвенно связано с изменениями, происходящими в составе фитопланктона (замещение одних доминирующих групп другими), а также с увеличением площади распространения более теплых поверхностных вод, которые, в свою очередь, приводят к увеличению численности и устойчивости популяции *S. thompsoni* в регионе.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРosЛЕЙ ПОРЯДКА THALASSIOSIRALES (BACILLARIOPHYTA) В МОРЯХ РОССИИ

Д. И. Качур¹, С. В. Туранов¹, О. Г. Шевченко^{1,2}, А. А. Пономарева¹,
М. А. Шульгина^{1,2}

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

²Приморский океанариум – филиал Национального научного центра
морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток
dina-cherry@mail.ru

Представители порядка Thalassiosirales (Bacillariophyta) формируют наиболее массовые таксоны морских планктонных диатомовых водорослей умеренной зоны мирового океана. В летне-осенний период они составляют основную численность и биомассу фитопланктона и вызывают “цветение” прибрежных вод. В морях России наблюдаются все ныне существующие семейства порядка Thalassiosirales, среди которых наиболее многочисленны виды из родов *Skeletonema* и *Thalassiosira*. Из-за сложности идентификации многих представителей порядка Thalassiosirales, данные о числе видов в российских водах отрывочны.

В данном исследовании с помощью молекулярно-генетических методов идентифицированы несколько видов из родов *Skeletonema* и *Thalassiosira*. Для работы использовали клоновые культуры двух этих родов, отобранные из планктонных и бентосных проб в морях России с 2009 по 2019 гг. Идентификация проходила на основе филогенетического анализа последовательностей 28S рДНК и 18S рДНК. При помощи данных методов удалось разграничить три вида из рода *Skeletonema* и отметить наличие нескольких видов из рода *Thalassiosira* в водах Японского моря.

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ УСОНОГИЕ РАКИ (CIRRIPEDIA: THORACICA) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А. А. Кепель

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

Дальневосточный морской заповедник расположен в юго-западной части зал. Петра Великого. Глубины в заповеднике находятся в диапазоне от 0 до 69 м. Твёрдые грунты, служащие субстратом для поселения усонюгих раков, распространены преимущественно вдоль береговой линии островов и материка от литорали до глубины 10–15 м, в отдельных местах – до 20–30 м. Кроме того, субстратом для поселения усонюгих раков служат раковины брюхоногих и двустворчатых моллюсков, изредка – водоросли и морские травы, а также морской мусор. Средняя температура поверхности воды колеблется от -1.8°C (минимально -2°C) в январе до 23.2°C (максимально 30°C) летом.

К настоящему времени в заповеднике зарегистрировано 18 видов усонюгих раков из 10 родов, относящихся к 3 семействам и 2 отрядам.

Отряд BALANOMORPHA

Семейство BALANIDAE

1. *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854). Тропическо-бореальный вид, почти космополит. Обнаружен в береговых выбросах в районе мыса Островок Фальшивый в обрастании фанеры.

2. *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854). Тропическо-бореальный вид, почти космополит. Недавний вселенец в зал. Петра Великого. Встречается преимущественно в обрастании морского мусора, на листьях зостеры, на полипропиленовом канате, натянутом в бухточке у кордона заповедника на о-ве Большой Пелис.

3. *Balanus crenatus* Bruguière, 1789. Амфибореальный бореально-арктический вид. Встречается в сублиторали на твёрдых грунтах.

4. *Balanus rostratus* Hoek, 1883. Амфипацифический широкобореальный вид. Встречается в сублиторали на твёрдых грунтах и на раковинах *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853).

5. *Balanus trigonus* Darwin, 1854. Индо-востпацифический тропическо-субтропический вид. Встречается в обрастании морского мусора.

6. *Fistulobalanus albicostatus* (Pilsbry, 1916). Востпацифический тропическо-субтропический вид. Встречается в обрастании морского мусора.

7. *Fistulobalanus kondakovi* (Tarasov & Zevina, 1957). Индо-вестпацифический тропическо-субтропический вид. Пустые домики обнаружены в обрастании морского мусора.

8. *Hesperibalanus hesperius hesperius* (Pilsbry, 1916). Амфипацифический широкобореальный вид. Встречается в сублиторали на раковинах *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) и панцирях крабов.

9. *Megabalanus rosa* Pilsbry, 1916. Западно-тихоокеанский тропическо-субтропический вид. Встречается в обрастании морского мусора.

10. *Perforatus perforatus* (Bruguière, 1789). Средиземноморско-лузитанский субтропический вид. Встречается в обрастании морского мусора.

11. *Semibalanus cariosus* (Pallas, 1788). Амфипацифический широкобореальный вид. Встречается на скалах на литорали.

12. *Striatobalanus amaryllis* (Darwin, 1854). Циркумтропический вид. Обнаружен в обрастании морского мусора.

Семейство СНТНАМАЛИДАЕ

13. *Chthamalus challengeri* Ноек, 1883. Вестпацифический субтропическо-низкобореальный вид. Недавний вселенец в зал. Петра Великого. Обитает на литорали на твёрдых грунтах.

14. *Chthamalus dalli* Pilsbry, 1916. Амфипацифический широкобореальный вид. Обитает на литорали на твёрдых грунтах.

Отряд SCALPELLOMORPHA

Семейство ЛЕПАДИДАЕ

15. *Lepas anatifera* Linnaeus, 1758. Тропическо-бореальный вид, почти космополит. Встречается в обрастании морского мусора.

16. *Lepas anserifera* Linnaeus, 1767. Тропическо-бореальный вид, почти космополит. Встречается в обрастании морского мусора.

17. *Lepas gogolevi* Memmi, 1982. Обнаружен в обрастании морского мусора.

18. *Lepas pectinata* Spengler, 1793. Обитает в тропических и умеренных морях всех океанов. Встречается в обрастании морского мусора.

В заповеднике постоянно обитают 7 видов усконогих раков, из них 5 видов (*B. crenatus*, *B. rostratus*, *C. dalli*, *H. hesperius* и *S. cariosus*) являются аборигенными, 2 вида (*A. improvises* и *C. challengeri*) – недавние вселенцы, в настоящее время расселившиеся по всему заливу. Остальные 11 видов встречаются только в летнее время в обрастании морского мусора.

Биогеографический состав усконогих раков заповедника довольно разнообразный. Однако если рассматривать местную и заносную фауны по отдельности, то мы увидим чёткие закономерности. Местная фауна (без учёта недавних вселенцев) сформирована преимущественно

северотихоокеанскими широкобореальными видами. Вселенцы являются относительно тепловодными видами, способными выжить в условиях низких температур в зимнее время. Заносная фауна представлена только тепловодными и преимущественно западно-тихоокеанскими видами и видами-космополитами, исключение представляет *P. perforatus* – представитель средиземноморско-лузитанской фауны, недавний вселенец в Японское море. Проникновению этих видов в воды заповедника способствует всё возрастающее количество антропогенного морского мусора, заносимого в заповедник морскими течениями в летний период.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБОКОВОДНЫХ CAPRELLIDAE
(AMPHIRODA: SENTICAUDATA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА**

П. А. Киреев, О. А. Головань

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

Морские козочки (семейство Caprellidae) – абберрантная группа морских амфипод, которая до 2003 г. рассматривалась в качестве отдельного подотряда. Ее происхождение и эволюция связаны с приспособлением к лазающему образу жизни на различных биотических субстратах. В результате, у капреллид произошла редукция морфологических структур, с тенденцией к олигомеризации и общему упрощению строения тела. Но наряду с этим наблюдается высокая специализация грудных конечностей, которые превратились в сложные хватательные органы.

Капреллиды широко распространены по всему Мировому океану, преимущественно населяя шельфовую зону. Из 450 описанных видов, около 20% встречаются глубже 200 м, в основном, в верхней батииали. По имеющимся у нас данным, в абиссали до сих пор обнаружено всего 4 вида капреллид из подсемейств Caprellinae и Phtisicinae. Однако можно предположить, что такое распределение морских козочек по глубинам частично является следствием слабой изученности фауны глубоководных зон Мирового океана. В пользу этого свидетельствует резкое увеличение числа описанных глубоководных видов в последние два десятилетия в связи с совершенствованием техник глубоководных исследований.

В северо-западной части Тихого океана на данный момент известно 72 вида капреллид из 9 родов. Большинство видов принадлежит к самому богатому роду *Caprella*. Из них 20 видов отмечены за пределами шельфа, в том числе 19 видов из 3 родов – в батииали, до глубины 2300 м. И лишь вид *Abyssododecas styx* Takeuchi, Tomikawa & Lindsay, 2016 обнаружен в абиссали и ультраабиссали Японского желоба на глубине 5313–7322 м. На данный момент это самая глубоководная находка морских козочек в мире.

В 2016 и 2018 гг. в ходе двух экспедиций ННЦМБ ДВО РАН, исследовавших экосистемы гидротермальных источников и холодных сипов подводного вулкана Пийпа и Корякского склона в Беринговом море с помощью телеуправляемого обитаемого подводного аппарата (ТНПА) *Comanche 18*, на глубинах 373–3362 м собран материал, в котором обнаружены 5 видов капреллид.

У подножья южного склона вулкана Пийпа на глубине 3362 м найден новый для науки вид *Cercops caecus* Kireev and Golovan, в печати (подсем. Paracercopinae). Это первый абиссальный вид в подсемействе Paracercopinae. Центр разнообразия Paracercopinae расположен в северо-западной части Тихого океана. Его виды встречаются на шельфе и в верхней батии Тихого океана и Арктики до глубины 506 м. Находка *C. caecus* свидетельствует, что расселение парацеркопин происходит не только в горизонтальном направлении, но и в вертикальном, с освоением больших глубин. И освоение глубоководных местообитаний происходит независимо во всех трех подсемействах капреллид. Как многие представители глубоководной фауны, *C. caecus* лишен глаз. На склоне вулкана Пийпа обнаружено два неидентифицированных вида рода *Caprella*: *Caprella* sp.1 (373 м) и *Caprella* sp. 2 (749–986 м).

На Корякском склоне, на глубине 658–662 м в зоне сиповой активности обнаружен новый для науки вид рода *Liropus*. Это самая северная находка *Liropus* из известных в мире и вторая находка представителя рода в северо-западной части Тихого океана. Ранее у тихоокеанского побережья Японии был известен вид *L. japonicus*. Род *Liropus* распространен в Атлантическом и Тихом океанах, на глубинах от 9 до 2423 м. Кроме того, на одной из станций Корякского склона, в зоне сиповой активности, на глубине 660 м обнаружен неидентифицированный вид морских козочек, принадлежащий роду *Caprella*.

Полученные сведения вносят важный вклад в представление о глубоководной фауне капреллид, а также подтверждают предположение о ее значительной недоизученности. Отметим, что многие из известных находок глубоководных капреллид сделаны с помощью ТНПА. Очевидно, что находки капреллид, зависящих от наличия разветвленного субстрата (губки, гидроиды), ожидаемы в районах со сложным рельефом, где эти методы наиболее успешны.

Работа поддержана грантом Министерства высшего образования и науки РФ 13.1902.21.0012, номер соглашения 075-15-2020-796.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗООПЛАНКТОНА АМУРСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАРИКУЛЬТУРЫ

*В. Б. Козьменко, Д. С. Борисова, Л. Г. Козьменко, А. А. Архипов,
С. И. Масленников*

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
kozmenko56@mail.ru*

С увеличением масштабов марикультуры ракообразных в России остро встает вопрос качества корма для личиночных стадий культивируемых гидробионтов. Традиционно используемые в качестве живого корма науплии артемии имеют ряд недостатков, что ограничивает их применение. Мировой опыт показывает лучшую ценность живого стартового корма на основе организмов “дикого” зоопланктона, отобранного непосредственно из природных водоемов. Такой подход позволяет избежать проблем с содержанием маточного стада кормовых организмов в межсезонье. Особенно ценна эта особенность биотехники при выращивании зимне-весенних организмов зоопланктона. При этом концепция применения зоопланктона в качестве источника маточного стада эволюционирует от выделения и содержания особей одного вида до одновременного выращивания смеси видов зоопланктона.

В зависимости от целей, в аквакультуре в качестве корма используют коловраток и копепод (Новоселова, Каниева, 2020). Эти объекты отличаются плодовитостью, размерами и питательной ценностью. Наиболее предпочтительны каланусы, так как они имеют широкий размерный ряд от 0.05 до 1.5 мм, в зависимости от стадии развития и при достаточной питательной ценности, которая зависит от состава корма. Выращивание планктонных копепод в качестве корма широко распространено в мировой практике. Используют два способа культивирования: подращивание ракообразных, собранных в природных условиях, и выращивание из коллекций.

Был проведен эксперимент по выращиванию планктонных копепод в аквариальных условиях. Работа проводилась в аквариальной ННЦМБ с массовыми видами каланусов *Pseudocalanus* sp. и циклопов *Oithona* sp., обитающих в Амурском заливе (зал. Петра Великого Японское море) (Зуенко и др., 2018). Сборы зоопланктона проводили 16.03.2022 г. возле м. Красный, со льда, из проруби при температуре воды минус 1.5°C. Планктон отлавливали сетью Джеди вертикальным ловом с глубины 5 м за 15 тралений. В аквариальной зоопланктон в емкостях адаптировали к температуре +7°C в течение сут, и в дальнейшем содержали в течение 7 сут. Далее зоопланктон перевели в 300-литровую емкость, где содержали с 21.03.22 по 05.05.22 при температуре воды от

+11 до +16°C и естественном освещении с максимумом интенсивности 110 мкЕ/(м²/сек). Вода в емкость поступала из Амурского залива после фильтрации через 5 мкм фильтр. Ежедневно в качестве корма добавляли 3 л смеси культур микроводорослей с концентрацией *Chlorella minutissima* – 6 тыс. кл./мл; *Tetraselmis* sp. – 8 тыс. кл./мл; *Pseudonitzschia* sp. – 10 тыс. кл./мл; *Skeletonema* sp. – 1500 кл./мл; *Thalassiosira* sp.– 800 кл./мл. Все культуры получены из Биобанка ННЦМБ и выращены на среде F. Подсчет копепод проводили ежедневно, фильтруя трехкратно пробу из емкости по методике Тевяшовой (2009). Подсчитывали копепод в науплиальной и в копеподитной стадиях, а также самок с яйцевыми сумками. Плотность копеподитных и науплиальных особей определяли под бинокуляром с помощью камеры Богорова.

В начальный период 10-литровых емкостях при температуре 7–8°C наблюдали постепенное снижение плотности копеподитов от 0.3 экз./мл до 0.02 экз./мл. После увеличения объема емкости до 300 л отмечено увеличение плотности науплиальных стадий от 0.5 экз./мл до 0.97 экз./мл и изменение количества копеподитных стадий от 0.03 экз./мл до 2.5 экз./мл. Плотность самок с яйцевыми сумками была небольшой, 2–3 особи при одном измерении.

Таким образом, начальные эксперименты подтвердили возможность отлова, содержания и выращивания для кормовых целей зоопланктеров, собранных при отрицательной температуре воды, без операций по выделению чистой культуры ракообразных.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 21-74-30004 "Разработка современных подходов к созданию технологий устойчивого культивирования и воспроизводства ценных морских гидробионтов" (рук. Долматов И.Ю.).

ДОННЫЕ БИОЦЕНОЗЫ ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

*Г. А. Колючкина¹, А. В. Загайнов¹, А. Б. Басин¹, Д. В. Кондарь¹,
В. Л. Семин¹, У. В. Симакова¹, И. В. Любимов¹, М. И. Симаков²,
В. А. Тимофеев²*

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;*

²*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
galka.sio@gmail.com*

Геленджикская бухта – одна из естественных и немногочисленных полузакрытых бухт на северо-восточном побережье Черного моря. Она находится в непосредственной близости от г. Геленджик и является популярным курортом и местом интенсивного судоходства. В бухту открываются несколько паводковых водотоков, крупнейший из которых – ручей Су-Аран, заключенный в трубу под ул. Островского, центральной улицей города. Полузамкнутость акватории затрудняет водообмен в Геленджикской бухте и способствует накоплению терригенного материала и загрязняющих веществ в донных осадках, особенно в восточной части, районе интенсивного судоходства. Исследования Геленджикской бухты в 1979–1990 гг. показали, что к 1970–1980 гг. воды бухты в период максимального прогрева вод стали эвтрофными, а к 1988 г. – гипертрофными (Селифонова, 2015). В 70–80 гг. 20 века в северо-восточной части бухты находили участки безжизненного черного ила (Мельник, Черненко, 1990). Содержание лабильных сульфидов в верхнем слое грунта в 2002–2008 гг. достигало 700–900 мг/Сдм³ сырого ила (Сорокин, Закускина, 2008). В июле 2020 г. предпринята попытка оценить современное состояние донных сообществ наиболее загрязненной части бухты – северо-восточной (Семин и др., 2021; Загайнов и др., 2021). Ни явлений гипоксии в водной толще, ни безжизненного ила с запахом сероводорода отмечено не было. В июне 2021 г. близ впадения р. Су-Аран на глубине 2.8 м был найден черный илистый грунт с отчетливым запахом сероводорода и отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом поровой воды донных осадков в верхних 5 см грунта (ОВП) (Колючкина и др., 2021). В настоящей работе приведены данные по видовому составу и обилию макрозообентоса и мейобентоса в Геленджикской бухте на основании съемок августа 2020 и 2021 гг. и предпринята попытка анализа факторов, определяющих распределение сообществ.

Съемки проведены в июле и августе 2020 г. а также в июле 2021 г., когда сетка станций была расширена и охватила всю бухту (глубины 3–10 м), включая прибрежные области и западную часть.

На большей части станций 2021 г. в грунтах преобладали мелкий песок и алеврит (63–250 мкм). Содержание ила возрастало с глубиной, заиленные участки с низкой степенью сортированности грунта располагались в центральных областях бухты и в локальных понижениях рельефа, рядом с берегом сортированность и содержание песчаной фракции возрастали. ОВП положительный в верхних 5 см осадка, за исключением единственной станции на глубине 2.8 м близ впадения р. Су-Аран (станция 2021-36), где отмечен сероводородный ил без ракуши, растительных остатков и без макрофитов. На станциях 2020 г. вблизи Су-Аран наблюдалось интенсивное развитие нитчатых зеленых (*Cladophora* spp.), бурых (*Ectocarpus* spp.), желто-зеленых (*Vaucheria* cf. *dichotoma*), а также харовых (*Chara vulgaris*) водорослей.

На станции 2021-36 отмечено всего 4 группы мейобентосных организмов (Nematoda, Harpacticoida, Acari и молодь Polychaeta), на остальных исследованных станциях – от 7 до 13 таксонов. Численность мейобентоса на станции 2021-36 достигала 1874 экз./10 см²с преобладанием Nematoda (99.3%). Здесь не отмечены науплиальные стадии копепод, а нематодное-копеподное отношение составило 620:1, что существенно выше, чем в остальных биоценозах бухты (не более 50:1) и в прибрежной зоне шельфа (Мокиевский и др., 2010). Сходные характеристики мейобентоса, а именно, низкое разнообразие таксономических групп (7–8) и высокие численности нематод (до 1842 экз./10 см²), отмечены в 2020 г. для нескольких станций, также расположенных неподалеку от впадения р. Су-Аран.

Для макрозообентоса на станции 2021-36 показаны самые низкие для всех исследованных станций значения индекса разнообразия Шеннона (1.67), биомассы (16 г/м²) и невысокие численности (1500 экз./м²), характерно отсутствие ювенильных стадий *Bivalvia*, резкое преобладание по численности *Polychaeta* (84%) и низкое разнообразие и обилие *Crustacea* (4 вида, 50 экз./м²). Доминирующей формой по численности здесь были полихеты-оппортунисты *Capitella* gr. *capitata*, а по биомассе – двустворчатый моллюск *Abra segmentum*, хорошо переносящие гипоксию. В 2020 г. станции, расположенные вблизи впадения р. Су-Аран, характеризовались чрезвычайно высокой численностью макрозообентоса – 15740–21540 экз./м² за счет олигохет, двустворчатых моллюсков *Parvicardium exiguum*, полихет и ракообразных при невысоких биомассах (менее 40 г/м²). В июле 2020 г. наибольшего обилия достигали олигохеты, а в августе 2020 г. – полихеты *Melinna palmata* и *Syllidae* spp. Здесь отмечено наибольшее для исследованных станций видовое разнообразие макрозообентоса (44–53 вида на станцию), что, по всей видимости, объясняется наличием дополнительной экологической ниши для видов, типичных для

сообществ обрастания (*Bittium reticulatum*, *P. exiguum*, Syllidae и др.), а также окислительными условиями в верхнем слое донных осадков.

На станциях, удаленных от устья р. Су-Аран, на заиленных грунтах число видов макрозообентоса достигало 18–33, численность – 980–2450 экз./м², а биомасса – 5–74 г/м². Здесь доминирующими формами по биомассе выступали обычные для черноморского шельфа виды – двустворчатые моллюски *Chamelea gallina* и *Pitar rudis*. В мейобентосе доминировали нематоды, а на одной из станций близ берега – Harpacticoida.

Межгрупповое сходство проб макрозообентоса и мейобентоса (по численности) (RELATE: Rho) составило 0.64 при уровне значимости 1.4%. Распределение групп мейобентоса на станциях коррелировало с ОВП грунта, и, в меньшей степени, с гранулометрическим составом, а макрозообентоса – только с ОВП.

Присутствие в бухте участков дна с сероводородным заражением в 2020–2021 гг. было локальным, и, в отличие от 1970–1990х гг., в зоне с восстановительными условиями были найдены многочисленные организмы макро- и мейобентоса.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и Минобрнауки Краснодарского края № 19-45-230012 и Госзадания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ (г.р. № 121030100028-0).

ТРОФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАССОВЫХ ВИДОВ ПОЛИХЕТ, ОБНАРУЖЕННЫХ НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ ВДОЛЬ СУБМЕРИДИОНАЛЬНОГО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

А. В. Коноплина, Т. Н. Даутова, С. И. Кияшко

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
konoplina.av@bk.ru*

В настоящее время глобальное потепление ведёт к увеличению продолжительности безлёдного периода в Арктике и увеличивает интерес к освоению ресурсов Северного морского пути, что неизбежно увеличит антропогенную нагрузку на чувствительные арктические морские экосистемы. В связи с этим растёт актуальность внедрения систематического мониторинга их состояния. Один из важных аспектов исследования экосистем – это изучение трофических взаимоотношений донных биоценозов и определение степени влияния на них абиотических условий, а именно выявление источника и возможный контроль поступления в пищевые сети органического вещества. В море Лаптевых источником такого рода является терригенное органическое вещество, выносимое на мелководный шельф в больших количествах стоками р. Лены. Ввиду ограниченной освещённости, мелководья и короткой трофической сети большая часть терригенного органического углерода оседает на морское дно. В морских отложениях с высоким содержанием органического углерода в поровой воде образуется и накапливается метан, который затем может выделяться в толщу воды, образуя поля метановых сипов. В областях холодных метановых сипов на шельфе арктических морей формируются особые условия для существования и развития бентосных организмов, включая симбиотрофную фауну, представляющую особый научный интерес. Поскольку питание симбиотрофов полностью или частично зависит от присутствия хемосинтетических бактерий-эндосимбионтов, они могут служить индикаторами метановых сипов при визуальном обследовании шельфа в будущем. Доклад посвящён изучению трофических характеристик массовых видов полихет, обнаруженных на шельфе моря Лаптевых в ходе экспедиции НИС “Академик Мстислав Келдыш” в 2018 г. Район сбора образцов начинался от устья р. Лена (глубина около 25.3 м) до пограничной зоны шельфового склона моря Лаптевых (глубина от 62 до 72 м). Трофическая характеристика массовых видов полихет была определена с помощью анализа стабильных изотопов углерода и азота ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$) в их тканях. Показано, что изотопный состав $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в тканях полихет изменяется по мере удаления от устья р. Лена. Кроме того,

большое влияние на изотопный состав $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в тканях полихет оказывают метановые сипы, среди которых обнаружены массовые поселения и собраны образцы сибоглинид для данного исследования.

СРАВНЕНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА НЕКОТОРЫХ УЧАСТКАХ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ 1990 И 2021 ГОДОВ

Е. Е. Костина, А. П. Цурпало, А. А. Кепель

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

cnidopus@mail.primorye.ru, tsurpalo@mail.ru, aa_kepel@mail.ru

Настоящая работа основана на материалах, собранных на литорали зал. Восток Японского моря в октябре 1990 г. и на тех же самых разрезах – в октябре 2021 г., что позволило сравнить состав и распределение сообществ макробентоса на исследованных участках и описать изменения, которые в них произошли. Всего выполнено 7 гидробиологических разрезов в западной части залива (от северной части б. Средняя до б. Тихая Заводь) на участках, различающихся по характеру грунта и степени прибойности, собрано 296 проб макробентоса.

Скалисто-валунная литораль обследована на мысах, выступающих в б. Средняя и у м. Пашинникова. В верхнем горизонте развит пояс преимущественно брюхоногих моллюсков *Littorinidae*, однако состав доминирующих видов и биомасса сообществ изменились за 30 лет. В 1990 г. отмечены сообщества *Littorina mandshurica* (биомасса сообщества составляла 2043.3 г/м²) и *L. sitkana* (984.3 ± 510.0 г/м²), а в 2021 г. – *L. brevicula* (1292.8 ± 1361.1 г/м²) и *L. sitkana* (142.0 г/м²), а также поселения усоного рака *Chthamalus dalli* (248.3 ± 193.5 г/м²). На границе верхнего и среднего горизонтов простирается пояс багрянки *Gloiopeltis furcata* (561.2 ± 194.0 г/м² – 2021 г.).

Население среднего горизонта очень разнообразно, преобладают сообщества различных водорослей. В 1990 г. здесь развивался пояс бурой водоросли *Silvetia babingtonii* (8186.6 ± 7984.6 г/м²), а в 2021 г., с гораздо меньшей биомассой, – *Dictyota dichotoma* (712.2 ± 310.2 г/м²). На открытых участках побережья распространен пояс красной известковой водоросли *Corallina pilulifera* (1547.2 ± 227.7 г/м² – 1990 г.; 2178.0 ± 832.0 г/м² – 2021 г.); на защищенной литорали в 1990 г. встречалась другая известковая водоросль *Bossiella cretacea* (1305.5 г/м²), в 2021 г. – пятна *S. pilulifera*+*Ulva lactuca* (1820.4 ± 289.6 г/м²). В виде отдельных пятен встречаются сообщества и других красных водорослей, *Grateloupia turuturu* отмечена и в 1990 г. (3673.5 ± 352.8 г/м²), и в 2021 г. (990.2 ± 524.1 г/м²); другой вид грателюпии, *G. divaricata*, только в 2021 г. (2795.3 ± 397.1 г/м²). Кроме того, здесь развиваются сообщества других багрянок: *Neorhodomela aculeata* (6542.7 ± 2695.1 г/м² – 1990 г.), а также *Laurencia nipponica*, *Symphycladia marchantioides* и *Melanothamnus japonicus*. Сообщество зеленой водоросли *Bryopsis plumosa* обнаружено и через 30

лет, но с гораздо меньшей биомассой (6236.2 ± 2636.2 г/м² – 1990 г.; 134.6 ± 93.4 г/м² – 2021 г.).

Состав сообществ нижнего горизонта в 2021 г. также изменился по сравнению с 1990 г., общим осталось только сообщество бурой водоросли *Sargassum pallidum* с сопоставимой биомассой (7925.0 г/м² – 1990 г.; 5232.0 г/м² – 2021 г.). Отмечены сообщества и других бурых водорослей: в 1990 г. – *Saccharina angustata* (8278.2 ± 6051.2 г/м²) и *Coccolophora langsdorffii* (7159.3 г/м²), а в 2021 г. – *Stephanocystis crassipes* (2865.0 г/м²). Кроме того, в 2021 г. в нижнем горизонте отмечены сообщества красных водорослей *N. aculeata* (8956.5 ± 2315.0 г/м²) и *C. pilulifera* (1410.8 ± 572.4 г/м²) и заросли морских трав *Phyllospadix iwatensis* (5761.2 ± 1965.7 г/м²) и *Zostera marina* (5405.8 ± 765.1 г/м²). В среднем и нижнем горизонтах, в поясе красных водорослей биомасса брюхоногих моллюсков часто сопоставима с биомассой фонообразующих видов. Например, в сообществах *G. turuturu* и *N. aculeata* биомасса водорослей составляет около 43%, а гастропод – 40–50%.

Глыбово-валунная литораль обследована у МБС “Восток”. Сообщества верхнего горизонта почти не претерпели изменений, здесь на протяжении 30 лет развивается пояс Littorinidae, хотя видовой состав литорин в разные годы отличается, и хтамалюса: в 1990 г. – *L. sitkana* (144.0 ± 194.0 г/м²) и *Ch. dalli* (1843.0 ± 3173.1 г/м²), в 2021 г. – *L. mandshurica* (955.0 г/м²), *L. brevicula* (464.5 ± 359.9 г/м²) и *Ch. dalli* (893.4 ± 314.4 г/м²). Поселения литорин и хтамалюса распространяются и в средний горизонт. На границе верхнего и среднего горизонтов развивается пояс *G. furcata* (350.7 ± 114.1 г/м² – 2021 г.).

В среднем горизонте в 1990 г. отмечен пояс двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus septentrionalis* (5737.8 ± 2671.2 г/м²), сообщества гастроподы *Nucella heyseana* (4560.0 г/м²), а также водорослей *S. babingtonii* (1619.0 г/м²) и *U. lactuca* (1019.8 г/м²); в 2021 г. – пояс *C. pilulifera* (1153.6 ± 391.6 г/м²) и пятна красных водорослей *Mazzaella parksii*, *G. divaricata* и *Besa divaricata*, кроме того, – смешанное сообщество бурой водоросли *Hapterophycus primoriensis*+Littorinidae (1262.3 ± 321.4 г/м²).

В нижнем горизонте общим осталось сообщество *U. lactuca* (2875.0 г/м² – 1990 г.; 1567.7 ± 930.5 г/м² – 2021 г.). В 1990 г. отмечен также сплошной пояс *Ph. iwatensis* (6364.7 ± 517.8 г/м²), пятна *N. aculeata* (2791.1 г/м²) и *C. pilulifera* (332.9 г/м²), а в 2021 г. развился пояс *M. japonicus* (526.7 ± 324.6 г/м²).

Валунно-галечная (1990 г.) и **песчано-галечно-валунная** (2021 г.) **литораль** обследована у МБС “Восток”. На этом разрезе за 30 лет изменились не только сообщества, но и грунт: бóльшую долю в 2021 г. стал составлять песок, что обусловлено дноуглубительными работами на этом участке. В верхнем горизонте в 1990 г. пояс *L. brevicula* ($207.5 \pm$

133.6 г/м²) прерывался пятнами *Ch. dalli* (756.0 г/м²), *G. furcata* (622.5 ± 492.6 г/м²) и *L. mandshurica* (58.0 г/м²) и ближе к среднему горизонту – *M. trossulus septentrionalis* (1909.0 г/м²). В 2021 г. остались только сообщества *Ch. dalli* (1704.0 ± 936.8 г/м²) и *G. furcata* (78.0 ± 62.2 г/м²), и в песке обнаружены поселения двустворчатого моллюска *Ruditapes philippinarum* (1409.9 ± 336.2 г/м²). Пояс Littorinidae сместился к среднему горизонту, здесь отмечены сообщества *L. sitkana* (1371.0 г/м²), *H. primoriensis*+Littorinidae (2102.5 г/м²), а также *N. heyseana* (2591.6 г/м²).

В среднем горизонте в 1990 г. характерными были сообщества *Ch. dalli* (1103.0 г/м²), *M. trossulus septentrionalis* (824.6 ± 151.9 г/м²) и *N. heyseana* (4059.7 г/м²), а в 2021 г. – *L. mandshurica*+*H. primoriensis* (2732.0 г/м²), *H. primoriensis* (1624.1 ± 262.5 г/м²) и сообщество красной водоросли *Gracilaria vermiculophylla* (933.8 ± 142.6 г/м²).

В нижнем горизонте в 1990 г. развивались сообщества *N. heyseana* (1612.8 ± 1239.2 г/м²) и *M. japonicus* (1120.8 г/м²), а в 2021 г. – *R. philippinarum*+*B. plumosa* (729.0 г/м), *Littorina squalida* (655.6 ± 453.4 г/м²), отдельные кустики *U. lactuca* (1482.0 ± 533.2 г/м²) с многочисленными раками-отшельниками *Pagurus minutus* и брюхоногими моллюсками *Nassarius fraterculus* (40–70% от общей биомассы).

Песчано-галечная литораль, обследованная на прибойных пляжах между мысами в б. Средняя, населена очень бедно. В 1990 г. в песке верхнего горизонта были обнаружены полихеты *Thoracophelia arctica*, на редких камнях среди песка в среднем горизонте – пятна *G. turuturu*+*B. plumosa* (4329.3 г/м²), в нижнем горизонте – отдельные кустики *Ph. iwatensis*. В 2021 г. макробентос не обнаружен.

На исследованных участках литорали зал. Восток в 2021 г. не обнаружены сообщества, которые были характерны для 1990 г.: *S. babingtonii* и *M. trossulus septentrionalis* в среднем горизонте, *S. angustata* и *C. langsdorffii* в нижнем горизонте, а также “мобильные” поселения морской звезды *Patiria pectinifera* и морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*, что может быть обусловлено как климатическими изменениями, так и цикличностью в развитии обитателей литорали.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Т. Н. Крупнова

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

tatyana.krupnova@tinro-center.ru

Изученность биологии культивируемого вида является залогом получения его высоких урожаев. На примере наиболее успешно выращиваемой на протяжении многих лет ламинарии *Saccharina japonica* и недавно введенной в культуру ундарии *Undaria pinnatifida* показано, что лимитирующими факторами для роста этих макрофитов являются наличие достаточного количества света, биогенов и благоприятная температура воды. На разных стадиях развития водоросли каждый из этих факторов имеет свою степень значимости.

Для взрослых растений (спорофитов) наиболее значимый фактор – наличие достаточного количества биогенных элементов, особенно азота и фосфора. В местах с их повышенным содержанием водоросли достигают наибольшего расцвета. Для побережья Приморья содержания основных биогенных элементов в открытых районах достаточно для хорошего роста ламинарии (Крупнова, 2002). Водоросли здесь не испытывают и недостатка в свете. Прозрачность воды, измеренная диском Секки на участках побережья от м. Поворотного до м. Золотого, доходит до 20 м, что обеспечивает поступление света к пластинам водорослей и способствует их развитию (Гриних, Сарочан, 1968; Luning, Neushul, 1978).

Что касается развития ранних микроскопических стадий ламинарии (зооспор, гаметофитов и ювенильных спорофитов), то для них основным лимитирующим фактором является температура воды. В период созревания репродуктивной ткани для этих видов благоприятные температурные условия длятся недолго и строго выверены. Относительная консервативность температур размножения четко коррелирует с зональным типом ареала. В биогеографической литературе эту эмпирически установленную закономерность именуют правилом Ортона (Кафанов, Кудряшов, 2000). Для ламинарии и ундарии температура размножения находится в диапазоне от 15 до 8°C и наблюдается в сентябре-октябре, когда происходит осеннее похолодание воды. Именно при таких значениях температуры воды происходит выращивание зооспор и гаметофитов до стадии ранней рассады в акватронах для одногодичного режима получения товарной ламинарии. Это позволяет ускорить развитие ранних стадий и получить

жизнестойкую рассаду в более ранние по сравнению с естественными условиями сроки. Максимальные значения развития репродуктивной спороносной ткани ламинарии в природных поселениях приходятся как раз на период оптимальных значений температуры воды, который длится от 9 до 50 дней в зависимости от гидрологических условий.

Для ундарии такой период очень короткий, в связи с чем в природных условиях реализуется всего лишь небольшая часть продуцированных зооспор, что обосновывает немногочисленность поселений этой водоросли в прибрежье Приморья. При создании оптимальной температуры воды для развития ее ранних стадий в заводских условиях оказалось возможным увеличить ее урожай до 5 т с одного горизонтального каната (длиной в 70 м) подвесной плантации, что выше ее общего запаса во всем прибрежье Приморья.

В случае проведения оспоривания субстратов для выращивания ламинарии на плантациях в море по двухгодичному циклу при более высоких или низких температурах происходит гибель гаметофитов. Поэтому прогнозирование сроков оспоривания субстратов для выращивания ламинарии на плантациях в море по двухгодичному циклу – это работа, ежегодно выполняемая на основе анализа спутниковых карт и инструментальных данных.

Немаловажным аспектом знания биологии культивируемых видов является изученность биотических взаимоотношений в природе. На основе результатов изученности совместного существования ламинарии и ее конкурентов за субстрат (серых морских ежей и корковых известковых водорослей) разработаны методы восстановления полей ламинарии для питания ежа и получения сырца самой водоросли для использования в пищевой индустрии.

ХЕМОСИМБИОТРОФНЫЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ ПЛИОКАРДИИНЫ (VESICOMYIDAE: PLIOCARDIINAE) ТИХОГО ОКЕАНА

Е. М. Крылова

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

Подсемейство Pliocardiinae Woodring, 1925 (Vesicomylidae) объединяет высокоспециализированных двустворчатых моллюсков, которые живут в облигатном симбиозе с тиотрофными γ -протеобактериями. За счет содержащихся в жабрах эндосимбиотических бактерий моллюски получают необходимое питание. Поскольку бактериальные симбионты нуждаются в восстановленных соединениях серы, то обязательным условием для обитания плиокардин является уровень концентрации сульфидов в осадке не менее 100 μM . Вследствие этого, плиокардиины представляют собой надежный индикатор восстановительных условий в среде. Подсемейство насчитывает 98 ныне живущих видов (83 описанных и 15 подтвержденных на молекулярной основе, но неописанных), относящихся к 17 родам.

Плиокардиины встречены во всех океанах, кроме Северно-Ледовитого, вдоль континентальных окраин и срединно-океанических хребтов на глубинах от 100 до 6809 м во всех типах восстановительных сообществ – гидротермах, метановых выходах, зонах кислородного минимума и останках китов (Krylova, Sahling, 2010).

В Тихом океане представлена большая часть мировой фауны плиокардин: 60 видов (61%) и 11 родов (65%). У 49 видов, встречающихся в Тихом океане, площадь распространения не выходит за пределы океана, 10 имеют транс-океаническое распространение, у 3-х из них индо-восточно-пацифические ареалы, а у 6 – амфипацифические. Сходство фаун западной и восточной частей Тихого океана проявляется также в наличии близкородственных сестринских видов, так называемых “видов-двойников”. Близких родственников в восточной Пацифике имеют 4 вида из западной Пацифики (Kojima et al., 2004; Audzijonyte et al., 2012). Все амфипацифические виды и виды-двойники известны только из северного полушария.

Наибольшее сходство фаун плиокардин западной и восточной Пацифики проявляется на батимальных глубинах (6 общих видов и пара сестринских видов). Для абиссальных глубин известен один общий вид и 3 пары сестринских видов. Вероятно, связь между популяциями абиссальных видов плиокардин западной и восточной частей Тихого океана затруднена по сравнению с популяциями батимальных видов. Недавно обнаруженные на склоне Берингова моря поселения *Calypptogena*

pacifica и *Phreagena soyoeae* (Данилин, 2013; Крылова, Колпаков, 2019) уменьшают расстояние между западными и восточными частями ареалов видов и подтверждают гипотезу о том, что основные пути распространения амфипацифических видов проходят вдоль континентов. Предварительные молекулярные данные указывают на отсутствие генетической разобщенности популяций из разных районов обширных амфипацифических ареалов *S. pacifica*. Высокий уровень генетического сходства может предполагать обмен генами между удаленными популяциями этих видов в масштабе жизни одного поколения.

Наличие видов-двойников, обитающих у западного и восточного континентальных склонов Пацифики, может быть результатом более ранних миграций, условия для которых в настоящее время отсутствуют. Время расхождения видов-двойников, определенное на основе молекулярных данных (Johnson et al., 2017), приходится на конец миоцена – начало плиоцена. Известно, что в конце миоцена – начале плиоцена в северной Пацифике возросла тектоническая активность, что, в частности, привело к открытию Берингова пролива около 5.4 млн. лет назад (Gladenkov, Gladenkov, 2004). Тектоническая активность на дне океана связана с появлением условий для развития восстановительных сообществ, что могло способствовать транс-пацифическим миграциям абиссальных плиокардин.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВИДА И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОЛЫХ ЛОБОЗНЫХ АМЕБ (АМОЕВОЗОА) В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

А. А. Кудрявцев¹, Е. Н. Волкова¹, Ф. П. Войтинский^{1,2},
М. С. Кренделев¹, Д. А. Мишагин^{1,3}, М. М. Трибун¹

¹Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург;

²Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург;

³Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург
alexander.kudryavtsev@zin.ru

Амoeozoа – одна из супергрупп эукариот, ответвляющаяся в эволюционном дереве близко к общему предку опистоконт (эволюционной ветви, объединяющей грибы и животных). В состав Амoeozoа входят преимущественно амeбoидные протисты. Их особенностью является способность трофических стадий формировать лобоподии – цилиндрические или уплощенные псевдоподии с закругленными концами, движение которых обеспечивается актомиозиновым цитоскелетом. Исследования таксономии и филогении Амoeozoа долгое время были затруднены отсутствием хорошо выраженных стабильных морфологических признаков, в связи с чем система и представления о биоразнообразии этой группы до сих пор не устоялись. Амoeozoа встречаются во всех биотопах, но основное внимание исследователей фокусировалось на их пресноводных и почвенных представителях. Из нескольких тысяч описанных видов Амoeozoа, лишь около двухсот известны из морских и солоноватоводных местообитаний. Морские представители этой группы очень редко становились объектом специального исследования.

В настоящем сообщении мы подводим промежуточные итоги проведенных в течение последних лет исследований биоразнообразия, систематики и филогении Амoeozoа в разных биотопах Мирового океана и континентальных солоноватых водоемах. Представленные результаты показывают, что биоразнообразие и известный объем группы в этих биотопах все еще значительно недооценены. Важнейшее значение для этих исследований приобретает изучение “нестандартных” биотопов, в которых Амoeozoа обычно не ожидают встретить. В частности, крайне необычные виды амeб изолированы из планктонных местообитаний. Одним из таких видов стала *Coronamoeba villafranca* Kudryavtsev et al., 2022, обнаруженная в планктоне Средиземного моря. Эта амeба оказалась новой эволюционной ветвью группы Dermamoebida, однако ее моноподиальная локомоторная форма, обладающая монотактическим морфотипом, характерна для совсем другой группы амeб – Tubulinea. В

результате проведенного анализа нам удалось показать, что такая локомоторная форма является либо плезиоморфией Amoebozoa, либо независимо возникает в разных эволюционных ветвях этой группы в результате конвергенции. Детальный филогенетический анализ новых представителей группы Vannellida позволяет выделить в пределах этого таксона как минимум три новых рода, группирующихся в три независимых эволюционных ветви уровня семейств. Анализ распространения этих ветвей показывает, что одна из них целиком морская, другая – целиком пресноводная, тогда как в пределах третьей ветви, возможно, осуществился переход между пресными и солоноватоводными биотопами.

Изучение структуры вида в разных эволюционных ветвях морских и солоноватоводных Amoebozoa демонстрирует в пределах этой группы широкий спектр вариантов. Вид *Squamamoeba japonica* Kudryavtsev and Pawlowski, 2013 впервые найден в глубоководных биотопах Японского моря в ходе экспедиции SoJaBio 2010 г. Благодаря уникальному набору морфологических признаков, эти амёбы рассматривались как уникальная эволюционная ветвь глубоководного происхождения, однако позднее набор штаммов этого вида был выделен также из прибрежных биотопов на Дальнем Востоке и северо-западе России (из Белого моря). Выделенные штаммы оказались полностью идентичными как по морфологическим, так и по молекулярно-генетическим признакам и могут рассматриваться как части единой, гомогенной метапопуляции, обладающей всесветным распространением. Детальный анализ известных морских и солоноватоводных видов рода *Vannella* показывает, что большая их часть характеризуется единством морфологических признаков в пределах метапопуляций, но гетерогенна по последовательностям гена 18S рРНК. Тем не менее, различия по последовательностям этого гена между отдельными штаммами в пределах морфологических видов ваннелл сопоставимы с таковыми в пределах клональных штаммов, что может быть объяснено внутригеномным варьированием последовательности этого многокопийного маркера. Анализ же альтернативного маркера – частичной последовательности митохондриального гена цитохромоксидазы – показывает полную идентичность между независимо выделенными штаммами в пределах морфологического вида. Аналогичная картина наблюдается и в пределах морских представителей группы Dactylopodida, в частности, вид *Neoparamoeba pemaquidensis* (Page, 1970) отличается высоким уровнем вариабельности гена 18S рРНК и может быть разделен на несколько криптических видов. Наконец, в ходе проведенных исследований обнаружен род *Cunea* Kudryavtsev and Pawlowski, 2015, объединяющий в своем составе только криптические виды. Три вида этого рода: *C. profundata* Kudryavtsev and Pawlowski, 2015,

C. thuwala Kudryavtsev and Pawlowski, 2015 и *C. russae* Kudryavtsev and Volkova, 2020 независимо выделены из глубоководных донных осадков западной Атлантики, прибрежных донных осадков Красного моря и континентального солоноватого биотопа на северо-западе России (Новгородская область). Эти виды полностью идентичны по морфологическим признакам, но существенно различаются последовательностями молекулярных маркеров.

Анализ накопленных данных позволяет сделать вывод, что большинство видов Amoebozoa из биотопов, пространственно связанных с Мировым океаном, являются убиквистами и обладают всесветным распространением. По предварительным данным, кроме водных экосистем, они могут образовывать скрытые сообщества в почве, что может быть одним из факторов их распространения в биосфере. В то же время, амёбы из континентальных солоноватых водоемов часто образуют независимые эволюционные ветви. В этих биотопах может осуществляться независимый переход из пресных в солоноватоводные биотопы.

Исследование поддержано грантом РФФ № 20-14-00181.

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ, БИОГЕОГРАФИИ И ЭВОЛЮЦИИ МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИХ ЭУФАУЗИИД В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ

Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина, У. В. Симакова, А. Л. Верещака
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
kulagin.dima@gmail.com

До недавнего времени считалось, что многие виды океанического зоопланктона являются космополитами. В последние десятилетия, благодаря интенсивному развитию и широкому применению молекулярно-генетических методов исследования в морских экосистемах, эти представления стали претерпевать существенные изменения. Оказалось, что большинство исследованных видов зоопланктона характеризуются существенной генетической структурированностью и представляют собой комплексы криптических видов. Подобные исследования могут существенно изменить наши представления о биогеографических закономерностях в пелагиали, поэтому важной задачей является описание истинного биоразнообразия в широко распространенных и экологически значимых группах зоопланктона. Нами исследовано видовое разнообразие, генетическая и морфологическая изменчивость мезопелагических эуфаузиид рода *Nematoscelis* в Атлантическом океане. Материалом для работы послужили пробы, собранные в шести экспедициях (2012–2018 гг.) в Атлантическом океане (42°с.ш.–42°ю.ш.).

Согласно литературным данным, в Атлантическом океане встречаются четыре вида рода *Nematoscelis*: *N. megalops*, *N. microps*, *N. tenella* и *N. atlantica*. Первый вид, *N. megalops*, населяет эпи- и мезопелагиаль и имеет разорванный ареал с антитропическим распространением в Северной (20–68°с.ш.) и Южной (22–50°ю.ш.) Атлантике. Остальные 3 вида, составляющие группу видов “*N. microps*”, обитают совместно в тропических и умеренно-теплых водах между 40°с.ш. и 40°ю.ш. Кроме одинакового ареала, виды сходны экологически, они населяют мезопелагиаль, совершают вертикальные суточные миграции, имеют сходный размер и похожий рацион. Более того, имеются морфологические предпосылки для наличия скрытого биоразнообразия среди видов этой группы. Для каждого из трех видов описано присутствие диморфных самцов, для которых характерны разные комбинации увеличенных фотофор и хитиновых бляшек (“сёдел”) на сегментах абдомена. При этом различий в строении петазмы (важнейший систематический признак у эуфаузиид) между диморфными самцами каждого вида ранее не отмечалось.

Все четыре вида были представлены в наших коллекциях. Генетический анализ показал наличие дифференцированных клад у всех видов, которые также характеризовались различиями в географическом распространении. Причем у видов из группы “*N. microps*” эти клады соотносились с особенностями морфологии самцов.

Полученные в работе результаты, по нашему мнению, могут свидетельствовать о продолжающемся процессе видообразования, протекающем внутри рода *Nematoscelis*, где разные виды находятся на разных его этапах: (1) географически разделенные популяции, для которых показано расхождение только по митохондриальному гену COI (северная и южная популяции клады Nten-A у *N. tenella*); (2) то же, что и в первом случае, но обнаруживаются также и морфологические различия, по крайней мере у самцов, а дистанции по гену COI выше, чем в первом случае (клады внутри видов *N. megalops*, *N. microps* и *N. atlantica*); (3) то же, что и выше, но обнаруживаются также различия по более консервативному ядерному гену H3 (клады Nten-A и Nten-B внутри вида *N. tenella*). Полученные результаты говорят в пользу аллопатрического механизма видообразования в данной группе. Первичным драйвером наблюдаемого процесса, вероятно, является географическая изоляция, связанная с наличием гидрологических границ в мезопелагиали в районе 14–22° с.ш. (на биологическом уровне эта граница нами показана впервые) и около 30° ю.ш. Вторым драйвером, препятствующим гибридизации разошедшихся популяций, является развитие различий во внешней морфологии (в частности, самцы с разными комбинациями “сёдел” на тергитах и увеличенных фотофор на абдоминальных сегментах), которые, по всей видимости, обеспечивают репродуктивную изоляцию, помогая самкам сделать правильный выбор полового партнера. Интересно, что одинаковые по комбинации расположения увеличенных фотофор и “сёдел” самцы, даже принадлежащие к разным видам, имеют почти не пересекающиеся ареалы, что сводит к минимуму риск ошибки при выборе самца самкой. По результатам исследования впервые за последние 30 лет будет описан новый вид криля. Кроме того, более тщательное исследование морфологии с опорой на результаты генетического анализа позволило оценить пригодность признаков, используемых в настоящее время для идентификации видов, а также выделить ряд новых признаков, по которым обнаруживаются статистически достоверные различия между видами. Данные результаты позволят составить более надежный ключ для определения видов рода *Nematoscelis*.

РАЗНООБРАЗИЕ РАКОВИННЫХ БРЮХОНОГИХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАЛИВА ВОСТОК

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

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

В последние годы происходит все большее накопление данных о многолетних изменениях в составе и количественном распределении населения прибрежных областей морей и океанов. Прибрежная зона подвержена наиболее сильному антропогенному воздействию, поскольку здесь проявляется непосредственное влияние изменений климата и терригенного стока. Мониторинговые исследования доминирующих организмов макробентоса, в том числе моллюсков, в конкретных биотопах очень важны как для оценки биоразнообразия прибрежных акваторий, так и для анализа их долговременных изменений. Цель работы – установить современный состав фауны раковинных *Gastropoda* и *Bivalvia* зал. Восток и выявить основные диапазоны термогалинных условий их обитания.

По данным мониторинговых исследований 2019–2022 гг., малакофауна зал. Восток насчитывает не менее 41 вида раковинных *Gastropoda*, относящихся к 32 родам и 21 семейству, и 30 видов *Bivalvia* из 27 родов и 17 семейств. Ядро фауны брюхоногих моллюсков формируют представители семейств *Lottiidae* (7 видов), *Littorinidae* и *Pyramidellidae* (по 5 видов), двустворчатых моллюсков – *Mytilidae* и *Veneridae* (по 6 видов). Крупные роды *Littorina* и *Lottia* содержат по 4–5 видов, роды *Falsicingula*, *Homalopoma*, *Leukoma*, *Mytilus* и *Odostomia* – по 2 вида, остальные 85% родов – по 1 виду.

Наибольшее количество видов моллюсков (7–9) было зафиксировано в районах скалистых мысов, наименьшее (2–5) – в бухтах Тихая Заводь, Восток и в кутовой части б. Средняя.

Большинство видов (54% брюхоногих и 60% двустворчатых моллюсков) были найдены в литоральных или верхнесублиторальных растительных сообществах и ассоциированы с водорослями или морскими травами. При этом мелкие формы *Gastropoda* и молодь *Bivalvia* образовывали поселения преимущественно на кустистых бурых и красных водорослях: *Analipus japonicus*, *Sargassum miyabei*, *Campylaephora* spp., *Chondrus* spp., *Corallina pilulifera*, *Grateloupia divaricata*, *Neorhodomela aculeata* и др. Представители четырех видов *Bivalvia* (*Entodesma navicula*, *Hiatella arctica*, *Modiolus kurilensis* и *Mytilisepta keenae*) чаще отмечали в поясе морской травы *Phyllospadix*

iwatensis, а особи трех видов (*Arcuatula senhousia*, *Tetrarca boucardi* и *Turtonia munita*) – в сообществах кустистых водорослей.

Присутствие мелких форм животных, ассоциированных с макрофитами, является характерной чертой литорально–верхнесублиторальной биоты зал. Петра Великого (Волова и др., 1980; Гульбин и др., 1987; Кафанов, Лысенко, 1988; Иванова и др., 1994; Ivanova et al., 2008, 2009; Лебедев и др., 2021). Ассоциации моллюсков с растениями часто наблюдаются как в дальневосточных морях (Щапова и др., 1957; Мокиевский, 1960; Кусакин, 1989; Надточий и др., 2005), так и в других районах Мирового океана, например, в прибрежных водах Бразилии и Великобритании (Dos Santos et al., 2019; Wilson, Hayek, 2020). Также показано, что массовые и характерные виды сублиторального (7–23 м) пояса красных водорослей Белого моря выполняют дополнительную эдификаторную функцию в фитоценозах как консорты (Михайлова, 2019).

Нами показано, что около 75% всех моллюсков представлено относительно тепловодными видами, распространенными у азиатского побережья в субтропических и низкобореальных водах (Голиков, Скарлато, 1965, 1967; Касьянов, 1981, 1989; Кафанов, 1991). Тепловодный облик малакофауны особенно выражен в вершинной части зал. Восток, где доля подобных видов возрастает до 78%.

Изменения окружающей среды могут быть факторами, которые влияют на существование субтропических моллюсков в умеренных широтах. По нашим данным (2017–2021 гг.), на мелководных участках зал. Восток тепловодные виды переживают наибольший диапазон температур – от отрицательных зимой (-1.4°C) до максимальных летом (27.2°C) (Григорьева и др., 2022; настоящий сборник). В то же время, придонные воды в б. Тихая Заводь в зимнее время могут сохранять положительные температуры до 30–50 сут (до начала или конца января). Возможно, на этом базируется феномен биогеографического распространения тепловодных видов в низкобореальных водах (Касьянов, 1981, 1989; Кафанов, 1991), позволяющий моллюскам не только успешно размножаться летом, но и выживать зимой в мелководной зоне Северотихоокеанской бореальной биогеографической области.

Следует отметить, что в настоящее время в северной части Тихоокеанского региона происходят глобальные климатические изменения (Пономарев и др., 2005; 2018); в Японском море отмечены самое значительное потепление воды – до 1.09°C (Belkin, 2009). Интенсивность течения Куроисио также увеличилась с 1976 г. (Kim et al, 2007). Соответственно, в северо–западной части Японского моря зафиксировано повышение температуры поверхностного слоя воды (Ростов и др., 2016; Nikitin et al., 2020). Подобные глобальные изменения

являются ожидаемыми, привлекая внимание к прогнозированию биологических последствий (Harley et al., 2006; Jo et al., 2012). Изменения температуры воды могут быть основными стрессовыми факторами окружающей среды, влияющими на распространение и рост моллюсков или приводящими к их гибели (Pilditch, Grant, 1999; Park et al, 2000; Xiao et al., 2005; Chen et al, 2007; Jiang et al, 2019).

Известно, что перестройки сообществ могут протекать в весьма короткие сроки – от десятилетий до нескольких лет (Галкин, 1989). Таким образом, пяти десятилетий, прошедших со времени последних малакологических обобщений (Скарлато, 1981), вполне достаточно для расширения ареалов видов. Предполагается, что ранее в голоцене изменения температуры воды уже приводили к смещению северных границ ареалов некоторых субтропических видов двустворчатых моллюсков (Лутаенко, 1999; Lutaenko, Noseworthy, 2014). Прежде высказывалось мнение, что при текущих климатических изменениях максимальное смещение северных границ распространения тепловодных видов не превысит 1000 км (Лутаенко, 1999). Это предположение подтверждается последними данными: расширение ареала моллюсков на север в Японском море в среднем составляет 800 км (Дуленина, 2017).

Таким образом, исследование бухт и прибрежных районов зал. Восток от супралиторали до предельных для залива глубин 25–30 м позволили получить более точные данные о состоянии малакофауны и сравнить разные биотопы залива с точки зрения динамики вод и термогалинных условий. Современная малакофауна изученного района представлена 71 видом *Gastropoda* и *Bivalvia*, относящимся к 59 родам и 38 семействам. Использование раковинными моллюсками морских растений в качестве субстрата обеспечивает высокий уровень биоразнообразия литорально–верхнесублиторальной фауны. Распространение тепловодной фауны в умеренных широтах, вероятно, обусловлено не только высокими летними температурами воды, но и положительными зимними придонными температурами, выявленными последними исследованиями в акватории зал. Восток.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА *MUXOBOLUS* SP. (MUXOSPOREA:
MUXOBOLIDAE), ПАРАЗИТИРУЮЩЕГО В ПОЧКАХ И НА
ЧЕШУЕ *LABEO BATESII* (TELEOSTEI: CYPRINIDAE) В РЕКЕ
МАКОМБЕ (КАМЕРУН)**

**Г. Б. Лекеуфек-Фолефек¹, Б. Феуджио-Донгмо¹, Б. Тене-Фоссо^{2,3},
А. Фомена¹, Ч. С. Вонджи^{2,3}, Д. Аль-Тамими⁴, В. М. Юрахно⁵,
Л. Мансур⁴**

¹ Университет Яунде 1, Яунде, Камерун;

² Центр исследований инфекционных заболеваний, Яунде, Камерун;

³ Ливерпульская школа тропической медицины, Пембрук, Ливерпуль,
Великобритания;

⁴ Научный колледж, Королевский Университет, Эр-Рияд, Саудовская
Аравия;

⁵ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

lamjedmansr@gmail.com

viola_taurica@mail.ru

В период с мая 2017 г. по июль 2018 г. в реке Макомбе у Нконджока (Камерун) с помощью жаберной сети было выловлено 515 экземпляров *Labeo batesii* стандартной длиной 12.0 – 19.5 см. Выловленную рыбу немедленно транспортировали в ящиках со льдом в лабораторию паразитологии и экологии Университета Яунде 1, где она подвергалась паразитологическому исследованию. Найденные паразиты фиксировали абсолютным спиртом для дальнейшего молекулярно-генетического анализа. В 94 из 515 исследованных рыб (экстенсивность инвазии 18.25%) на чешуе были обнаружены плазмодии микроспоридии *Muxobolus* sp., а в почках – группы спор этого паразита.

Беловатые плазмодии длиной 0.52–2.4 мм и шириной 0.44–1.2 мм были имплантированы в апикальную часть чешуи. Заражение чешуи было двусторонним, распространялось по всему телу, и у каждой зараженной рыбы можно было обнаружить многочисленные полиспоровые плазмодии яйцевидной формы. На одной чешуинке был найден только один плазмодий.

Гистологическое исследование пораженной чешуи показало образование плазмодиев между слоем эпидермиса и наружной пластинкой слоя костных чешуек. По соседству с плазмодиями наблюдалось недостаточное сцепление между слоем эпидермиса и внешней пластинкой слоя костных чешуек. Была обнаружена реакция ткани хозяина на паразита, и вокруг цисты были отмечены признаки рекрутирования некоторых иммунных клеток. Признаков эрозии на

окостеневающей пластинке чешуи не было. Плазмодии были уплощены и окружены тонкой мембраной. Центральную часть плазмодия занимали полностью созревшие споры, на периферии были видны начальные стадии развития паразита.

Зрелые микроспоры имели яйцевидную форму с двумя закругленными концами спереди и чечевицеобразную форму сбоку. Створки гладкие, симметричные, с прямой линией шва. Созревшие споры имели длину 10.3 (10.0 – 10.9) мкм и ширину 8.0 (7.3 – 8.5) мкм. Две полярные капсулы овальной формы были одинакового размера, сходились и открывались вместе в одну и ту же пору на переднем конце споры. Они имели длину 4.5 (4.0 – 5.0) мкм и ширину 2.4 (2.0 – 2.9) мкм. Полярные нити были свернуты в 4 – 5 витков, располагающихся перпендикулярно продольной оси полярных капсул. Спороплазма была зернистой и часто содержала йодофильную вакуоль различной формы, размера и положения.

Молекулярно-генетический анализ найденного нами вида микроспоридий показал, что последовательности *Muxobolus* sp. от *Labeo batesii* имеют низкий показатель сходства с ранее описанными видами данного рода. Расхождение составляет более 10%. Наиболее близким видом (сходство 10.5%) является неустановленный вид *Muxobolus* sp. (номер в GenBank МК412937), паразитирующий на жаберной пластинке *Labeo rohita* из Индии. Сходство с двумя ранее зарегистрированными видами из Камеруна, *Muxobolus dibombensis* (MG737377), поражающим плавники *Labeobarbus batesii*, и *Muxobolus opsaridiumi* (MN497413) из различных органов *Opsaridium ubangiensis*, составило 85 и 87%, соответственно.

Сочетание морфологических и молекулярных данных говорит о том, что найденный нами *Muxobolus* sp., скорее всего, является новым для науки видом микроспоридий. Этот паразит чешуи и почек *L. batesii* – третий вид микроспоридий, описанный у пресноводных рыб в Африке к югу от Сахары, последовательности которого доступны в GenBank. Дополнительные работы по секвенированию других новых или уже известных видов, заражающих пресноводных рыб из стран Африки, усилят систематические сравнительные исследования и эволюционные отношения Мухозоа в этой части мира.

Финансирование данного исследования выполнялось Университетом короля Сауда (RSP 75/2001) (Саудовская Аравия). Работа В.М. Юрахно не оплачивалась Саудовской Аравией, а осуществлялась в рамках бюджетного финансирования РАН по научной теме ИнБЮМ № 121030100028-0 “Закономерности формирования и антропогенной трансформации биоразнообразия и биологических ресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана” (Российская Федерация).

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В АВАЧИНСКОМ ЗАЛИВЕ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В 2021 ГОДУ

Е. В. Лепская

*Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО),
г. Петропавловск-Камчатский
lepskaya@list.ru*

Осенью 2020 г. «цветение» динофлагеллят рода *Karenia* у Восточной Камчатки вызвало массовую гибель гидробионтов в прибрежных биотопах. Представители этого рода были впервые отмечены у берегов Камчатки. Г.В. Коновалова исследовала фитопланктон прикамчатских вод (в основном Авачинский залив, включая Авачинскую губу) в 1980-х годах. Ею были собраны многочисленные свидетельства, по большей части устные, о явлении «красных приливов» или вредоносных цветениях водорослей (ВЦВ) у берегов Восточной Камчатки и об их губительном влиянии на теплокровных животных и человека. В связи с этим Г.В. Коновалова неоднократно подчеркивала, что мониторинг этого явления в акватории, омывающей населенные берега, необходим, актуален и важен.

В 2021 г. КамчатНИРО в рамках выполнения прикладной работы был организован мониторинг ВЦВ в Авачинском заливе. Для мониторинга был намечен полигон из 15 станций, расположенных вдоль всего берега залива. В их числе были 3 станции напротив Халактырского пляжа, на которых в 20-х числах сентября 2020 г. впервые была найдена в массе *Karenia* sp. (Лепская, Коломейцев, 2021). Сбор проб провели с борта судов КамчатНИРО с 30 апреля по 22 октября 2021 г. (в июне сбор проб не проводили). Пробы собирали ведром с поверхности и малой сетью Джели (диаметр входного отверстия 12 см, размер ячее фильтрующего конуса 35 мкм), облавливая слой 0–20 м. Численность микроводорослей комплекса ВЦВ определяли просчетом каждого вида в 1 мл пробы в камере Наумана. Параллельно сбору проб измеряли температуру и соленость воды зондом CastAway CTD.

Всего за период наблюдений в прибрежном фитопланктоне Авачинского залива было найдено 20 таксонов микроводорослей ВЦВ. Из них 2 таксона Bacillariophyta (*Pseudo-nitzschia delicatissima* и *Pseudo-nitzschia seriata-complex*) и 18 таксонов динофлагеллят (*Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium* cf. *insuetum*, *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium* cf. *ostenfeldii*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis fortii*, *Dinophysis norvegica*, *Dinophysis* cf. *odiosa*, *Dinophysis recurva*, *Dinophysis rotundata*, *Dinophysis rutgei*, *Dinophysis* sp., *Gonyaulax diegensis*, *Gonyaulax*

spinifera, *Karenia* cf. *mikimotoi*, *Karenia papilionacea*, *Protoceratium reticulatum*).

Весной (30 апреля) в поверхностной пробе, отобранной у входа в б. Русскую, был найден *Alexandrium* cf. *insuetum* 1000 кл./л). Основное развитие микроводорослей комплекса ВЦВ пришлось на июль – октябрь. Так, виды *Pseudo-nitzschia* были отмечены на протяжении всего летне-осеннего периода. Летний максимум (30000 кл./л), сформированный *P. delicatissima*, пришелся на конец июля. Осенний максимум (64000 кл./л), на 93% образованный *P. seriata*-комплекс – на конец октября. Как в поверхностных, так и сетных пробах была найдена *Akashiwo sanguinea* с максимальной плотностью (2000 кл./л) в середине сентября.

Виды родов *Alexandrium*, *Dinophysis* и *Gonyaulax* были найдены в основном или только (*Protoceratium*) в сетных пробах. Так, *Alexandrium tamarense* обнаружили в поверхностных пробах в середине августа в северной части Авачинского залива (1000–4000 кл./л) и в небольшом количестве (8 кл./л) в сетных пробах в начале июля южнее Авачинской губы и в середине сентября также в северной части залива. Представители рода *Dinophysis* были найдены большей частью в сетных пробах. Численность их не превышала 10 кл./л. В начале июля относительно обильны были *D. acuta* и *D. norvegica*, в конце августа – *D. acuminata* и *D. fortii*. В это же время в планктоне появился *D. recurva*. В середине сентября численность *D. fortii* была максимальной (21 кл./л), довольно обилие было *D. acuminata* и в несколько меньшем количестве найден *Dinophysis* cf. *odiosa*. В октябре в поверхностном планктоне северной части залива присутствовал *D. fortii*. На вторую половину сентября пришлось развитие видов рода *Gonyaulax*. В сетной пробе из северной части залива найдены *G. diegensis* (70 кл./л) и *G. spinifera* (140 кл./л). Виды *Karenia* были найдены в поверхностной пробе в конце августа (*K. papilionacea* – на станции напротив р. Нальчева, единично) и в середине сентября (*Karenia* cf. *mikimotoi* на одной из станций напротив Халактырского пляжа, 1000 кл./л).

Температура поверхности воды средняя для полигона составила в июле 13.0°C, в августе 14.6°C, в сентябре 11.4°C, в октябре 5.2°C. Соленость воды в том же слое минимальная в июле (30.2‰) постепенно увеличивалась и составила в августе и сентябре 31.5‰, а в октябре 32.1‰.

По данным КамчатНИРО, хронического и значительного превышения ПДК по биогенным элементам (фосфаты, аммоний, нитриты, нитраты, кремний, железо) на протяжении периода наблюдений не отмечено.

Таким образом, несмотря на постоянное присутствие в прибрежном планктоне микроводорослей комплекса ВЦВ, цветения какого-либо одного вида или комплекса видов в летне-осенний период 2021 г. не отмечено.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MACOMA CALCAREA* (GMELIN) В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ

К. Н. Лисицына¹, А. В. Герасимова²

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

²Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

Lisitsina_Ksenia_1997@mail.ru

В начале 21 века, в связи с активизацией работ по освоению месторождений нефти и газа в шельфовой зоне арктических морей, в Баренцево, Карское и море Лаптевых было организовано несколько экспедиций, в которых принимали участие сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского университета. Обширные акватории этих водоемов были охвачены сеткой станций, на которых проводили гидробиологические исследования. Таким образом, появилась возможность исследовать экологические характеристики многих массовых представителей донной биоты, ранее обделенных вниманием ученых. Одним из таких видов является широко распространенный бореально-арктический циркумполярный двустворчатый моллюск *Macoma calcaria* (Gmelin). Он относится к наиболее часто встречающимся представителям *Bivalvia* в инфауне всех северных морей России. Вид нередко доминирует по биомассе в составе донных сообществ мягких грунтов данного региона, образует достаточно плотные (100 экз/м² и выше) относительно доступные поселения, отличается сравнительно большой продолжительностью жизни – более 20 лет. Соответственно популяционные характеристики этого моллюска могут быть весьма показательны при экологическом мониторинге. Тем не менее, в большинстве северных морей свойства популяций макомы до сих пор изучены крайне слабо. Основная цель работы – сравнительный анализ распределения и линейного роста макомы в северных морях (на примере Печорского, Карского и моря Лаптевых).

Бентосные пробы в этих водоемах были собраны с 40–119 станций с помощью дночерпателя Ван-Вина (площадь пробоотбора 0.1 м², по 3 пробы на каждой станции). Анализ абиотических характеристик станций включал результаты океанографического зондирования (данные по температуре, солености, растворенному кислороду, рН) и оценку гранулометрического состава донных отложений. Изучение сопряженности распределения *M. calcaria* с абиотическими и биотическими показателями станций проведено с помощью кластерного анализа, метода многомерного шкалирования, корреляционного анализа

и теста Мантеля. Все особи *M. calcarea* в пробах были измерены с точностью до 0.1 мм, их возраст и характер линейного роста исследованы с помощью анализа внешней морфологии раковины и внутренних меток роста – по спилам раковины. Наружные кольца были измерены у 484 моллюсков. По спилам раковины возраст определен у 47 особей. Для изучения вариабельности скорости роста макомы в анализируемых морях использованы индивидуальные и групповые возрастные ряды. Сравнение возрастных рядов осуществлено в ходе анализа остаточных дисперсий относительно моделей роста.

В целом *M. calcarea* была весьма широко распространена во всех морях и играла доминирующую (субдоминирующую) по биомассе роль на значительных пространствах рассмотренных акваторий. Не обнаружено существенных различий в показателях обилия макомы во всех трех морях. Максимальные численность и биомасса представителей данного вида в каждом водоеме варьировали в широких, но вполне сопоставимых пределах – от 3 до 233 экз/м² и от 0.01 до 100 г/м² соответственно. Средние численность и биомасса *M. calcarea* изменялись от 22 до 40 экз/м² и от 12 до 17 г/м² соответственно. Тем не менее, предпочитаемые макомой глубины и грунты в рассматриваемых акваториях существенно отличались. Диапазон вертикального распределения был наиболее широк в Карском море – от 4 до 190 м, основные запасы моллюска оказались приурочены к 19–53 м, в Печорском море наибольшие показатели обилия отмечены на глубинах менее 20 м, в море Лаптевых найдены на глубинах от 11 до 75 м.

Пространственную гетерогенность показателей обилия моллюска в пределах предпочитаемых глубин на данном этапе удалось связать только с характеристиками донных отложений. Однако выявленные тенденции не совпадали в разных морях. Так, в Печорском и Карском морях наибольшего обилия макома достигала на илистых грунтах (доля алевритов в грунте более 70–80%), что вполне логично сочеталось с трофическими характеристиками моллюска, относящегося к собирающим детритофагам. Иные результаты получены для моря Лаптевых – численность и биомасса *M. calcarea* на алевритовых песках (доля фракции мелкого песка в среднем около 70%) почти в пять раз превышали таковые в преимущественно илистых биотопах. Неоднозначность связи показателей обилия макомы с абиотическими характеристиками станций в рассматриваемых акваториях позволила предположить влияние межвидовых отношений на распределение анализируемого вида. Поэтому был предпринят анализ сопряженности распределения *M. calcarea* и животных с встречаемостью 50% и более. В результате анализа практически не удалось обнаружить хотя бы один таксон, формирующий во всех рассматриваемых акваториях единую группировку с интересующим нас видом или демонстрирующий

однонаправленную с макомой корреляцию в распределении показателей обилия во всех водоемах. Коэффициенты корреляции между макомой и другими представителями макробентоса (например, *Astarte* sp.) могли даже менять знак в разных акваториях.

Результаты определения возраста *M. calcarea* по наружным и внутренним (по спилам раковины) кольцам оказались вполне сопоставимы. Внутренние метки практически полностью дублировали наружные кольца, а в случае сильно эродированных раковин анализ спилов практически был единственным способом относительно надежно определить возраст моллюсков. В итоге максимальная продолжительность жизни *M. calcarea* в исследуемых морях достигала 15–21 лет при размерах 30–37 мм. Среднегодовая скорость роста моллюсков в течение первых 12–14 лет жизни во всех водоемах была около 2 мм/год. Анализ гетерогенности роста *M. calcarea* показал, что в целом вариабельность ростовых характеристик моллюсков, как в пределах отдельных акваторий, так и между рассматриваемыми водоемами практически не выражена. В отдельных морях не удалось выявить значимых отличий в характере группового роста макомы, несмотря на некоторую неоднородность условий окружающей среды (глубина, грунты) на станциях. Индивидуальные различия в скорости роста макомы превышали размах различий групповых оценок, однако степень их выраженности была почти одинакова в каждой акватории. В исследуемых водоемах было выделено 2–3 группы особей, ростовые показатели которых достоверно различались. Гетерогенность индивидуального роста *M. calcarea*, по-видимому, в основном определена особенностями начального периода роста. С помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена оценивали зависимость размеров моллюсков в третью зимнюю остановку роста от размеров во вторую. Корреляция была статистически значима для всех трех водоемов ($p < 0.05$) и варьировала от 0.59 до 0.73.

**БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ОСТРОВА ЧЕДЖУ (КОРЕЯ)****К. А. Лутаенко¹, Р. Ноусворти²**¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток;²Национальный университет Чеджу, г. Чеджу
lutaenko@mail.ru, rgnshells@yahoo.ca

Фауна двустворчатых моллюсков о-ва Чеджу, самого крупного острова у южных берегов Кореи, была изучена и обобщена с привлечением литературных данных (Lutaenko et al., 2019, 2021). Уникальный вулканический остров (возник около двух миллионов лет назад), ныне представляющий район всемирного наследия и биосферный заповедник ЮНЕСКО, расположен на расстоянии 80 км от континента, имеет почти эллиптическую форму (длина острова 73 км), преимущественно скалистые берега, а также песчаные пляжи, сублиторальные сэндфлэты, песчаные осушки-флэты (высота приливов до 3 м) и лагуну Тонгбатарл. Остров омывается водами трех морей – Желтого, Восточно-Китайского и Японского. Гидрологические условия благоприятствуют развитию субтропической фауны – летом температура поверхностных вод достигает 27°C, а зимой не опускается ниже 13°C. Южное побережье острова более прогреваемое, здесь обнаружены 7 видов кораллов-склерактиний (рифостроящих кораллов).

Фауна *Bivalvia* о-ва Чеджу включает 248 видов, относящихся к 58 семействам; 11 видов впервые установлено для корейской фауны. Видовое богатство весьма высокое и составляет 55% от всей фауны двустворчатых моллюсков Южной Кореи, 67% от фауны западного побережья Японского моря (Корея и Россия), 41% от фауны всего Японского моря и примерно 33% от фауны Тайваня (безотносительно к числу общих видов). В Желтом море (китайское побережье, списка для всего моря не существует) известно 175 видов, на китайском побережье Восточно-Китайского моря – 337, в Японском море – около 600 видов, и в этом плане фауна Чеджу является весьма богатой для такого небольшого острова. Во всем Японском море известно только два района, сопоставимых по площади, где видовое богатство двустворчатых моллюсков превышает 200 видов – зал. Вакаса (207 видов) и о-в Садо (211 видов); на всем япономорском побережье Южной Кореи обнаружено 316 видов.

Зонально-географический анализ фауны Чеджу (245 видов, три не определены до вида) показывает, что тропическо-субтропические виды занимают в ней 51%, субтропические – 41%, а доля бореальных – всего 1% (включены низкобореальный *Protocallithaca adamsii*, широко

распространенные бореальные *Nuculana leonina* и *Entodesma navicula*). Субтропическо-бореальных видов – 16 (7%), из них субтропическо-низкобореальных – 12. Таким образом, влияние бореальных элементов на общий состав фауны моллюсков Чеджу незначительно, и она оказывается полностью субтропической, со значительной долей тропическо-субтропических видов, часть из которых обитает только на юге острова, омываемого водами Восточно-Китайского моря. Для сравнения можно указать, что доля тепловодных тропическо-субтропических и субтропических видов для всего япономорского региона Южной Кореи составляет 69%, бореальных – 18%, бореально-арктических – 4%. В зал. Петра Великого (северо-западная часть Японского моря) тепловодных видов 21%. В провинциях япономорского побережья Южной Кореи доля тепловодных видов (тропическо-субтропические + субтропические) по направлению с севера на юг составляет: Кангвондо – 47%, Кьенсанбукдо – 71%, Кьенсаннамдо – 80%. Детальные данные по батиметрическому распределению двустворчатых моллюсков в районе острова отсутствуют ввиду запрета на драгирование и траление, наши сборы преимущественно литоральные и верхнесублиторальные.

Сравнение видового списка моллюсков о-ва Чеджу с прилежащими районами Кореи, Японии и Китая пока невозможно из-за таксономической непроработанности и неунифицированности списков из этих стран. Более того, фауна самого юга Южной Кореи изучена слабо. Так, из провинции Чолланамдо, ближайшей к острову, известно всего около 90 видов, что не отражает реальную картину, тогда как из расположенной севернее провинции Кьенсамнамдо – 183 вида, ввиду ее большей научной изученности разными группами авторов. Совершенно нет данных по составу фауны о-ва Цусима, сопоставимого по площади и лежащего в 50 км от побережья Кореи. После составления каталога фауны Желтого моря станет ясна и фаунистическая связь этого района с фауной Чеджу. Вместе с тем, общая фаунистическая композиция фауны Чеджу указывает на принадлежность ее к субтропической Сино-Японской провинции (в смысле Дж. Бриггса), охватывающей южную Японию, юг Кореи, побережье Китая от Венчжоу до Гонконга, а, по нашему мнению, и Желтое море при всем его своеобразии. Таким образом, фауна о-ва Чеджу является самой тепловодной среди других фаун Кореи и отчетливо субтропической со значительной долей (более половины видов) тропическо-субтропических элементов, ареалы которых простираются на юг в тропики Индо-Вестпацифики. Ее полутропический характер подчеркивает и наличие склерактиниевых кораллов на южном побережье острова.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МАКРОЗООБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ЛУГОВ *ZOSTERA* *MARINA* ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

И. В. Любимов, Г. А. Колючкина, У. В. Симакова, А. Б. Басин

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

sapvanes@gmail.com

Zostera marina L. – один из немногих видов высших растений, целиком приспособившийся к обитанию в морской воде. Зостера образует подводные луга в прибрежной зоне морей умеренного пояса. Разнообразие и обилие макрозообентоса в биоценозе зостеры, как правило, значительно выше, чем на соседних участках грунта без зостеры (Attrill et al., 2000; Boström, Bonsdorff, 2000; Мартынова, 2001; Fredriksen et al., 2010; Möller et al., 2014). Исследования инфаунного макрозообентоса морских лугов в Азово-Черноморском регионе немногочисленны и в основном касаются западного побережья Крыма (Макаров, 2014; Терентьев, 2017). В настоящей работе были изучены закономерности пространственной организации сообществ бентосной фауны Таманского залива в биоценозе морской травы *Z. marina* и факторы их определяющие. Была проверена гипотеза о ведущей роли обилия *Z. marina* в видовом составе и количественных характеристиках макрозообентоса Таманского залива. Было проведено сравнительное исследование структуры и количественных характеристик макрозообентоса при разном проективном покрытии зостеры.

Отбор проб проводили на глубинах 0.5–5 м в Таманском заливе Азовского моря в июле 2008 и 2009 гг. с использованием ручного трубчатого пробоотборника с площадью захвата 0.0095 м² в четырёх повторностях. В 2008 г. было исследовано три биотопа, различающиеся общим проективным покрытием (ОПП) *Z. marina*. В первом ОПП зостеры не превышало 10% (зона ОПП10), эти районы были практически лишены растительности (относительно глубоководные, глубина 4–6 м, и "кутовые" – узкие мелководные угловые районы части заливов и мелководные районы Динского залива вблизи тростниковых плавней, глубина 0.5 м). Вторая зона с 100% покрытием макрофитами, но долей *Z. marina*, не превышающей 25% (зона ОПП25), располагалась вдоль всех побережий залива, на глубинах 0.5–2.5 м. И третий – пояс плотных практически чистых зарослей *Z. marina* с 100% ОПП располагался на глубинах 2.7–3 м (зона ОПП100 или пояс зостеры). Кроме обилия зостеры, в качестве факторов были использованы данные о гранулометрическом составе грунта, содержании органического углерода (Сорг) в донных осадках и глубине отбора проб. Для анализа гранулометрического состава грунта и Сорг параллельно с отбором проб

макрозообентоса на тех же станциях отбирали верхние 5 см грунта трубчатым пробоотборником диаметром 4 см в одной повторности.

В 2008–2009 гг. на 41 станции был найден 91 вид макрозообентоса. Ожидаемое полное число видов с поправкой Chao2 на встречаемость редких видов составило 126 ± 19 . Было найдено девять крупных таксонов макрозообентоса, причем большая часть видов относилась к Arthropoda (30%) и Polychaeta (40%), меньший вклад вносили Gastropoda (11%) и Bivalvia (10%).

Пояс плотных лугов zostеры отличался от других за счёт более высоких средних значений численности и биомассы макрозообентоса, а также большего числа видов. Внутри этого пояса биоценозы по структуре были наиболее сходными. Достоверность попарных отличий между структурой макрозообентоса в биоценозах с разным ОПП *Z. marina* подтвердил анализ Permanova ($p_{all}=0.001$). Основными факторами, определяющими различия в структуре сообществ разных биотопов, оказались гранулометрический состав донных осадков и глубина.

Для биоценоза ОПП100 доминантами были *Mytilaster lineatus*, *Bittium reticulatum* и *Abra segmentum*, для ОПП25% – *M. lineatus* и *A. segmentum*, а в биоценозе ОПП10 наблюдалось смешанное доминирование первых двух групп с добавлением *Cerastoderma glaucum*, *Hydrobia acuta*, и *Nephtys hombergii*. С уменьшением ОПП zostеры доминирование основных видов становилось менее выраженным. В поясе zostеры не были отмечены обычные для других биотопов залива виды-доминанты *C. glaucum* и *H. acuta*.

Отличия в гранулометрическом составе грунта этих трех поясов могут быть связаны с организацией zostеры пространства. Зостера создает в придонной зоне область интенсивного осадконакопления (за счёт препятствования перемешиванию грунта течениями и волнами), что приводит к изменению температурного режима, режима освещённости, накоплению Сорг и даже созданию в придонной зоне и грунте анаэробных условий (Rasmussen, 1973; DeBoer, 2007). Кроме того, листья zostеры замедляют течение, что позволяет взвеси осаждаться. «Улавливая» осадок, zostера повышает общую стабильность грунта, что позволяет морской траве формировать обширные подводные луга (Bos et al., 2007; van der Heide et al., 2011). Это изменение абиотических условий благоприятно не только для самой zostеры, но и для ассоциированных с ней видов (Polte, Asmus, 2006).

Таким образом, гипотеза о влиянии обилия zostеры на видовой состав и количественные характеристики макрозообентоса подтвердилась.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДБОРА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВОДСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОДИ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА В ЮЖНОМ ПРИМОРЬЕ

С. А. Ляшенко

*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),*

г. Владивосток

svetlana.lyashenko@tinro-center.ru

Получение молоди гидробионтов и, в частности, приморского гребешка в искусственных условиях основано, прежде всего, на знании биологии размножения культивируемого вида. Успешность проведения цикла от нереста до получения жизнестойкой молоди в заводских условиях в большой степени определяется качеством производителей и их половых продуктов. От этого зависит успешность прохождения стадий эмбрионального развития, которая у гребешка заканчивается формированием планктотрофной личинки. В дальнейшем, развитие и выживаемость личинок, помимо качества гонад, определяется качеством корма, правильностью подобранного рациона и гидрохимических параметров воды.

При подборе производителей для массового получения личинок в искусственных условиях нужны детальные исследования маточных скоплений, чтобы получить максимально качественные половые продукты. Основные вопросы, которые необходимо изучить: в какой период, с какой глубины, при какой температуре воды и в каком количестве нужно брать производителей (определить рабочую плодовитость).

В водах Приморья окончательно половозрелым приморский гребешок становится в трехлетнем возрасте. Для проведения нереста рекомендуется использовать гребешка средней возрастной группы (3–5 лет); как правило, он имеет высоту раковины 100–150 мм. Производителей лучше брать в районах, где условия обитания для них наиболее благоприятные – на песчаных и песчано-илистых грунтах с хорошим водообменом. В таких районах доля планктона по отношению к детриту в рационе гребешка больше, чем на илистых грунтах. Это способствует как соматическому, так и генеративному росту. По этим же причинам целесообразно в качестве производителей использовать садкового гребешка, который растет в толще воды.

У берегов Приморья гребешок нерестится с мая по июль. По литературным данным, минимальная температура начала нереста в природе составляет 7–9°C. Нами был отмечен случай нереста нескольких самцов при температуре 6°C, спустя неделю содержания в искусственных

условиях. Наблюдение за ходом температуры воды в районе скопления производителей позволяет произвести их отбор до наступления нерестовых температур.

Перед нерестом гонады гребешка сильно набухают, становятся упругими, железы самцов – молочно-белые или кремовые, у самок они имеют яркий красно-розовый или красно-оранжевый цвет. Нерест у приморского гребешка порционный. Только однажды нам приходилось наблюдать почти полное опустошение гонады при искусственном стимулировании. Производители возрастом около 4 лет с высотой раковины 103.7 ± 0.9 мм были добыты в первых числах июня 2020 г. в б. Филипповская на глубине 18 м, при температуре 6°C . После транспортировки и перемещения в воду с температурой 12°C самцы начали нерест через час, самки – через три часа, нерест самок продолжался около трех часов. После нереста гонады были прозрачными.

Если брать производителей после наступления нерестовых температур, то они могут быть частично отнерестившимися. По внешнему виду гонады таких производителей сложно отличить от незрелых. У них также снижен тургор, характерно наличие небольшой вмятины ближе к кончику гонады. Однако у моллюсков, уже начавших нерест, хорошо видны крупные и мелкие выводные протоки, отчего гонады выглядят зернистыми.

Для массового получения личинок желательно использовать производителей, у которых нерест еще не начался. Использование первой партии половых продуктов важно как для более раннего получения личинок, так и для обеспечения максимального процента перехода с эмбриональной стадии на личиночную. В 2020 г., когда моллюски были взяты из скоплений до наступления нереста в природе, в результате эмбрионального развития на стадию трохофоры переходило около 90% оплодотворенных яйцеклеток, на стадию велигера – 60–70%. В 2021 г., который характеризовался более ранним прогревом воды, производители были взяты после наступления нерестовой температуры. На стадию трохофоры переходило 15–25% от оплодотворенных яйцеклеток, а на стадию велигера 13–21%.

Наряду с мониторингом температуры воды, в скоплении отслеживают изменение гонадного (ГИ) и гонадосоматического (ГСИ) индексов, которые соответственно определяются как выраженное в процентах отношение массы гонады к общей массе моллюска или массы гонады к массе мягких тканей. Исследования, проведенные в период с 2000 по 2022 гг. в северо-западной части о-ва Русский показали, что перед нерестом ГИ гребешка, обитающего на глубине 5–14 м, в среднем составлял 14–16%. У садкового гребешка ГИ достигал 17%, поскольку его раковина тоньше и легче. ГСИ перед нерестом в среднем составлял 30–32%. После нереста эти показатели снижались. В результате было

установлено, что в северо-западной части о-ва Русский нерест приморского гребешка начинается в первой–второй декаде мая. Сначала он происходит глубинах 4–6 м (в мелководных бухтах), а также наблюдается у садкового гребешка (глубина 4 м). Во второй – третьей декаде мая гребешок, как правило, начинает нереститься на глубине 10–14 м, а в конце мая–первой декаде июня на глубине около 17 м.

В зрелой гонаде на прижизненном мазке преобладают свободнолежащие ооциты. В недостаточно зрелых гонадах самок размер ооцитов ближе к кончику гонады меньше, чем в средней ее части. Так, средний размер ооцитов у самок, собранных в конце апреля – начале мая 2022 г. в проливе Старка на глубине 12–14 м (температура воды над скоплением 4–5°C), был равен 92.4 ± 0.7 мкм в средней части гонады и 87.8 ± 1.1 мкм на ее кончике, размеры различались достоверно ($p=0.01$). После двух недель содержания при температуре 5–6°C, размер ооцитов в разных частях гонады практически не различался и в среднем составлял 9–93 мкм.

При средней плодовитости, достигающей у трех–четырёхлетнего гребешка, по литературным данным, 55–60 млн. яйцеклеток, рабочая плодовитость оказалась относительно невысокой. От зрелых производителей, которых брали за неделю до наступления нереста в природе, при использовании температурной стимуляции (14–15°C) в среднем получали около 5 млн. яйцеклеток на одну самку. Хорошие результаты дает кондиционирование производителей в заводских условиях при постоянной температуре 5–6°C, благоприятной для созревания гонад. Также возможно кондиционирование гребешка при начальной температуре нереста. Так, в 2020 г. в первой декаде мая провели нерест гребешка, добытого в конце апреля на глубине 14 м, при температуре 5°C. В течение недели он дозревал при температуре 7–8°C, что позволило не только провести нерест моллюсков на декаду раньше, чем в естественных условиях, но и получить большее количество яйцеклеток (в среднем 25.6 млн. на одну самку).

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

М. А. Мазур¹, Е. В. Журавель²

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

*²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
proshinamarina94@gmail.com*

Рекомендации по оценке качества донных отложений (SQGs) были разработаны в начале 2000-х годов агентством по охране окружающей среды США (US EPA) для прогнозирования неблагоприятных для гидробионтов эффектов от воздействия загрязненных осадков. SQGs являются важным компонентом большинства систем оценки качества донных отложений (ДО). В основу данных рекомендаций положены расчеты пороговых концентраций (уровней) токсичных веществ, при превышении которых отмечаются негативные биологические эффекты для водных организмов.

Effects Level Approach (ELA) – подход, реализуемый в рамках SQGs, основанный на использовании двух критериев, определяющих качество донных отложений, а именно: TEL – Threshold Effect Level – пороговый уровень воздействия; PEL – Probable Effect Level – уровень вероятного воздействия. Уровень TEL представляет собой концентрацию токсиканта, ниже которой неблагоприятное воздействие ожидается в редких случаях. Превышение уровня PEL может свидетельствовать о частых случаях негативных реакций. Для оценки потенциальной токсичности донных отложений был предложен критерий SQG Quotient (SQG-Q), основанный на отношении средней концентрации токсичного вещества к уровню PEL.

Для более полного и точно анализа качества ДО данные о потенциальной токсичности дополняют результатами биотестов с различными видами гидробионтов, например, с морскими ежами. Они являются общепризнанными тест-объектами и широко используются во всем мире для биологического анализа загрязнения морских ДО. Результаты проводимых биотестов позволяют понять и оценить реальную токсичность осадков, которая проявляется в действии всех поллютантов, присутствующих в исследуемой пробе, с учетом их синергического и антагонистического взаимодействия. Для количественной оценки токсического и тератогенного потенциала донных осадков была разработана шкала и предложена методика расчета интегрального индекса токсичности донных осадков (ИТИ).

Целью данной работы являлось сравнение результатов двух подходов оценки токсичности ДО.

Пробы ДО отбирали в 2020 г. с 10 станций, расположенных в прибрежных районах зал. Восток. Для расчета критерия SQG-Q определение токсичных элементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, As) проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии, ПАУ методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии, ПХБ и хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии в высушенных до воздушно-сухого состояния осадках.

Для проведения биотестирования взрослых особей морского ежа *Scaphechinus mirabilis* (Agassiz, 1864) собирали в б. Средняя (зал. Восток). Морскую воду из зал. Восток (район биостанции «Восток» Национального научного центра морской биологии ДВО РАН) отбирали с глубины 6 м через систему аквариальной, фильтровали через трехфракционный гравийный фильтр, а также обрабатывали ультрафиолетом. Нерест особей стимулировали введением в перивисцеральную полость 0.2 мл 0.5 М раствора хлорида калия. Полученные яйцеклетки подготавливали к эксперименту по стандартной методике. Оплодотворение проводили в чистой морской воде. Зиготы помещали в исследуемые водные экстракты, в которых и происходило дальнейшее развитие эмбрионов и личинок. Для приготовления водных экстрактов из навески ДО заливали подготовленной морской водой в соотношении 1:4 и интенсивно перемешивали с помощью мультишейкера в течение 2 ч. Далее, после отстаивания, пробы пропускали через мембранный фильтр. Во время биотестирования поддерживали температуру на уровне 18–19°C.

Выраженность аномалий личинок на стадии гастролы и среднего плутеуса определяли с помощью расчета интегрального индекса токсичности ИТІ, базирующегося на детальном анализе ингибирования и нарушения развития личинок морских ежей. Личинок оценивали с помощью десятибалльной шкалы, где 0 – отсутствие нарушений в развитии, а 10 – высокий уровень аномалий.

Расчет критерия SQG-Q показал очень высокую токсичность ДО ($SQG-Q > 1$), отобранных в б. Гайдамак и у м. Пушина. Осадки из района м. Елизарова и м. Подосенова характеризовались умеренной токсичностью ($0.1 < SQG-Q < 1$). Максимальное значение индекса токсичности ИТІ через 16 ч после начала эксперимента (гастролы) отмечено в ДО с м. Пушина, где ИТІ было равно 6.25, а минимальное в районе м. Пещурова (ИТІ = 0.39). На стадии среднего плутеуса наивысшее значение индекса рассчитано для ДО с м. Пашинникова (ИТІ = 10), а минимальное для м. Подосенова (ИТІ = 0.65).

В результате определения корреляции между критериями SQG-Q и индексами ИТІ получены некоторые зависимости. Между значениями

SQG-Q и $ITI_{\text{гастрюла}}$ и SQG-Q и $ITI_{\text{ср.плутеус}}$ выявлена тесная связь. Значение коэффициента корреляции Спирмена равно 0.842 и 0.721 соответственно. Однако при визуальном сравнении полученных данных отмечено, что умеренная токсичность, выявленная при расчете SQG-Q для ДО м. Чайковского и м. Подосенова, не подтвердилась результатами ITI (0.97 и 0.65 соответственно) для данных станций. Нетоксичные осадки Волчанецкой протоки ($SQG-Q \leq 0.1$) оказали видимое неблагоприятное воздействие на процесс личиночного развития ежа ($ITI = 3.5$).

Полученные в ходе исследования результаты указывают на то, что использование биологических методов оценки в совокупности с аналитическими является необходимым условием для более полного анализа токсичности ДО. Биотестирование позволяет зафиксировать синергические и антогонистические эффекты поллютантов, а также выявить биологические последствия данного воздействия. По результатам химического анализа можно говорить лишь о вкладе в потенциальную токсичность отдельных веществ или соединений.

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МУРМАНСКОГО МОРСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН

М. В. Макаров

*Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
Makarov@mmbi.info*

Мурманский морской биологический институт (ММБИ) прошел сложный путь становления и развития. В современном виде ММБИ был образован в 1958 г. в результате реорганизации Мурманской биологической станции Академии наук СССР в поселке Дальние Зеленцы.

Однако его история ведет свое начало с 1881 г., когда на Соловецких островах Белого моря, по инициативе Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей, была организована первая в России Морская биологическая станция. Большой вклад в ее открытие внес профессор Н.П. Вагнер. Именно тогда были заложены основы отечественной гидробиологии, в результате проводимых естественно-научных исследований зародилось научно обоснованное понятие марикультуры.

В июне 1899 г. станция на Соловках была закрыта и впоследствии переведена в г. Александровск (сейчас г. Полярный) в Екатерининской гавани Кольского залива Баренцева моря. Вскоре она получила известность не только в России, но и за рубежом. Она стала значительно крупнее, технически и по масштабу работ не уступала лучшим зарубежным аналогам. В 1902 г. станцию переименовывают в Мурманскую биологическую станцию (МБС). В 1903 г. МБС приобретает первое исследовательское судно – полупалубный бот «Орка», а в 1908 г. – шхуну «Александр Ковалевский». Большая заслуга в становлении МБС принадлежит профессорам К.М. Дерюгину и Г.А. Клюге, последний руководил МБС с 1908 по 1933 г. В течение 1908–1909 гг. К.М. Дерюгиным были проведены фундаментальные исследования, которые легли в основу знаменитой монографии «Фауна Кольского залива и условия ее существования», до сих пор являющейся настольной книгой всех ученых, занимающихся Баренцевым морем.

В мае 1915 г. Г.А. Клюге был арестован по доносу о шпионаже в пользу Германии, но вскоре отпущен. В том же 1915 г. здания МБС заняло Морское Ведомство. В 1918 г. оно освободило здания, но последующая интервенция Мурманска английскими войсками (1918–1920 гг.) не давала возможности ученым приезжать на станцию. Ее работа возобновилась только после освобождения Мурманска.

В 1929 г., в связи с организацией Северного ВМФ и выбором Александровска главной его базой, МБС объединили с Плавучим морским научно-исследовательским институтом (Плавморнин, позднее

на его базе организовано ПИНРО). Такое решение означало фактически прекращение фундаментальных исследований.

В начале 1930-х годов начались гонения на науку: «дело академиков», «дело геологов» и др. и 5 марта 1933 г. в газете Ленинградская правда вышла статья «Осиное гнездо»: *«Чуждая нашему строю плеяда «бывших», явных врагов Советской власти, паразитов и тунеядцев.... окопалась на скалистом мысе в Полярном, пожирая народные деньги и проводя «высоконаучную» работу»*. Вскоре после этого все руководство станции было арестовано, хотя многие вскоре были освобождены, а 8 августа 1933 г. был произведен арест почти всех сотрудников и закрыта станция.

На МБС работала целая плеяда выдающихся ученых: Н.П. Вагнер, К.М. Дерюгин, В.М. Шимкевич, И.М. Виноградов, В.А. Догель, Г.А. Клюге, Н.М. Книпович, Л.А. Зенкевич, А.А. Ухтомский, С.А. Зернов, М.М. Камшилов, А.В. Жирмунский, Э.Ш. Айрапетьянц, Б.П. Токин, О.А. Скарлато и многие, многие другие. В начале 20-х годов прошлого столетия на станции работал академик В.И. Вернадский, с 1923 по 1933 г. – академик Е.М. Крепс.

После закрытия МБС потребность в ней оказалась огромной, т.к. Плавморнин не мог и не хотел решать задачи академической науки. Поэтому уже в 1933 г. академик Л.А. Орбели поставил вопрос об организации новой морской биостанции. В 1935 г. проф. К.М. Дерюгин обратился с ходатайством об ее организации в Правительство. Совнарком СССР 10 марта 1935 г. принимает решение (№ 50150) о создании станции Академии наук СССР в Дальнезеленецкой губе.

В конце 30-х годов опять началась «черная полоса» в судьбе станции: 1937 г. – арест Е.М. Крепса (осужден на пять лет лагерей), в 1938 г. умер К.М. Дерюгин, в 1939 г. П.В. Ушаков писал: «Пришлось уйти с заведования станцией. В имеющемся у меня письме М.С. Зернова пестрят слова «враг народа», «вредительство» и т.д.». В годы Великой Отечественной войны (1941–1944 гг.) МБС была эвакуирована сначала в Удмуртскую АССР, а затем в Среднюю Азию. Интересный факт: на 1941 г. была запланирована тема «Изменение фауны Баренцева моря в связи с изменением климата».

Исключительная роль в реорганизации МБС в Мурманский морской биологический институт (ММБИ) принадлежит профессору М.М. Камшилову, который и стал первым директором и руководил его деятельностью до 1963 г. Это был очень плодотворный период в жизни института. Научная деятельность значительно усилилась, увеличился научный состав, флот пополнился новыми судами, была создана морская аквариальная, исследования приобрели комплексный экосистемный характер, получили развитие экспериментальные работы. В 1960–1961 гг.

на базе ММБИ была осуществлена первая успешная интродукция камчатского краба в Баренцево море.

Затем директорами института были доктор биологических наук Ю.И. Галкин (с 1964 по 1972 гг.) и профессор И.Б. Токин (с 1972 по 1980 гг.), с приходом которого начались электронно-микроскопические исследования морских организмов.

С 1981 по 2018 гг. ММБИ возглавлял академик РАН Г.Г. Матишов. С его приходом начался новый этап: были приглашены молодые специалисты, созданы новые направления – орнитологии, радиоэкологии, проводились работы с морскими млекопитающими (в том числе в интересах ВМФ), марикультурные разработки, внедрялись компьютерные технологии. В 1989 г. ММБИ был переведен в город Мурманск при сохранении и активном использовании базы в Дальних Зеленцах. В 1992 г. при участии ММБИ в Мурманске был открыт первый на севере России Океанариум – современный комплекс, одновременно являющийся научно-экспериментальной базой. В 1998 г. был создан Отдел океанографии и биологии южных морей, который стал основой Южного научного центра РАН.

С начала 2018 г. по 2021 г. ММБИ возглавлял доктор биологических наук профессор П.Р. Макаревич, который начал работу в институте в 1984 г. Под его руководством институт значительно расширил географию экспедиционных работ и усилил направление морских научных исследований с фундаментальной целью экосистемного мониторинга среды и биоты морей Северного Ледовитого океана.

ММБИ регулярно организует региональные, всероссийские и международные конференции, школы по морской биологии, совместные конференции молодых ученых ММБИ и студентов. По его инициативе был открыт ряд кафедр в мурманских ВУЗах. На научно-экспериментальной базе Института в поселке Дальние Зеленцы ежегодно проходят практику студенты и аспиранты различных ведущих ВУЗов страны.

Институт всегда заслуживал внимание руководства Академии наук. За строительством станции в Дальних Зеленцах (1936–1939 гг.) внимательно следил президент АН СССР академик В.Л. Комаров. В более позднее время Институт посетили президенты Академии наук СССР академики М.В. Келдыш (1966 г.), Г.И. Марчук (1988 г.), вице-президент АН СССР А.В. Сидоренко (неоднократно), президенты РАН Ю.С. Осипов (2001 г.) и В.Е. Фортов (2007 г.).

ДЕЛО КУСАКИНА ЖИВЕТ!

М. В. Малютина

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

Олега Григорьевича Кусакина нет с нами уже 21 год, но память об этом большом ученом, уважение к нему живет в продолжении его дел, преемственности, связи сегодняшних наших достижений с его начинаниями и вкладом в науку.

С первого курса О. Г. Кусакин под руководством профессора гидробиологии и известного карцинолога Е.Ф. Гурьяновой начал вести научную работу по двум темам – литоральные сообщества и равноногие ракообразные, которые оставались главными всю его жизнь. Кандидатскую диссертацию он защитил по литоральной биоте Курильских островов в 1958 г., а после защиты несколько лет, будучи еще м.н.с. в ЗИНе, описывал новые виды изопод с Курильских островов и из южного полушария. Монография О. Г. Кусакина по антарктическим и нотальным изоподам, была признана лучшей академической работой 1967 года. Она была переиздана на английском языке в 1968 г. в Иерусалиме.

В 1967 г. Олег Григорьевич переехал во Владивосток, став одним из основателей нашего института. Он создал и возглавил базовую лабораторию систематики и гидробиологии для инвентаризации дальневосточной морской биоты. За время своего существования лаборатория под его руководством провела исследования литоральной зоны России протяженностью около 7000 км – от Берингова пролива до границ с Кореей, а также литорали Южного Вьетнама. Одновременно с литоралью Олег Григорьевич продолжал изучать изопод. Докторскую диссертацию он защитил по изоподам антарктических и нотальных вод в 1972 г., на основе анализа этой фауны предложил схему биогеографического районирования антарктических и субантарктических вод и обосновал гипотезу происхождения глубоководной фауны Мирового океана. Труд его жизни – известные во всем мире пять томов монографии по изоподам холодных и умеренных вод Северного полушария (1979, 1982, 1988, 1999, 2003 гг.), были подготовлены параллельно с литоральными исследованиями. В глубоководном бентосе изоподы являются одной из доминирующих групп по численности и разнообразию. Благодаря им Олег Григорьевич приобщился и к глубоководным исследованиям, изучая изопод из сборов советских глубоководных экспедиций. До конца своих дней он продолжал описывать новые виды. До 1980 г. описывал виды один, потом с

учениками – с Борисом Межовым, с Галиной Васиной. Я пришла в институт после окончания ДВГУ в 1982 г. лаборантом Олега Григорьевича, заменив уволившуюся Г. Васину, затем поступила к нему в аспирантуру. После защиты диссертации по вьетнамским шельфовым изоподам в 1992 г., по настоянию и принуждению Олега Григорьевича, я начала заниматься глубоководными муннопсидами. Это семейство – самое многочисленное на больших глубинах, составляющее ~50% изопод в глубоководных сборах всюду в Мировом океане. Описания первых глубоководных видов я опубликовала в 1996 г. по сборам из Канадской котловины Арктики и Южно-Сандвичева желоба.

В 2000 г. началась глобальная международная 10-летняя программа «Учет разнообразия морской жизни» (COML) и ее подразделение «Учет разнообразия глубоководной морской жизни» (CeDaMar), в которую активно включились наши немецкие коллеги Вольфганг Вегеле и Ангелика Брандт. Они и пригласили Олега Григорьевича поработать в Германии с новыми сборами, но вместо него оказалась там я в качестве его ученицы. Так началось мое 20-летнее сотрудничество с А. Брандт и очень активное 10-летие. Четыре совместные глубоководные экспедиции и опубликованные сразу после них 4 тома с их результатами стали очень значимыми для нашего института. Таким образом, наши глубоководные исследования прошедшего десятилетия, инициированные Олегом Григорьевичем, вышли из одного из двух главных увлечений его жизни – изопод, за что ему огромное спасибо. И спасибо за его настояние заниматься именно муннопсидами. Смена тропического мелководья на большие глубины и известность О. Г. Кусакина в мире вывела меня и затем всю нашу команду зоологов-фаунистов, специалистов по разным таксонам, в международные глубоководные сферы.

Я проверила в WoRMS сколько видов изопод описал О. Г. Кусакин и впечатлилась: 206 видов, 9 родов и 4 семейства! 103 вида, 6 родов и 4 семейства он описал один! 51 вид и один род в соавторстве с Г. Васиной, 21 вид и 2 рода – со мной, 11 видов – с Б. Межовым, 1 вид – с А. Рыбаковым. А еще им описаны 16 видов гастропод совместно с А. Голиковым, 5 видов танаид с Л. Царевой, один вид водорослей.

Нам с Олегом Григорьевичем обоим повезло – мне с тем, что он случился в моей жизни и вывел меня в большой мир интернациональной науки, а ему со мной в том, что я смогла продолжить его дело. Последний большой труд Олега Григорьевича – его заключительный том определителя по фауне изопод высоких широт северного полушария целиком посвящен как раз сем. Munnopsidae. Я рада, что завершила и подготовила том к печати через 2 года после его смерти в 2003 г. Могу отчитаться перед Кусакиным: у меня 96 описанных видов, в основном муннопсид, 13 родов и 1 семейство. Я могу быть спокойна и уверена,

потому что мне тоже есть кому передать эстафету – Ольга Головань за эти годы стала первоклассным специалистом по изоподам и с честью продолжает дело Олега Григорьевича – у нее на счету уже 19 новых видов и 1 род. И мы горды, что международное сообщество специалистов по изоподам знает нас как школу Кусакина.

Сейчас, когда в силу текущих обстоятельств, прервалось наше многолетнее сотрудничество с немецкими коллегами, отменена планировавшаяся пятая глубоководная совместная экспедиция в Алеутский желоб, самое время вспомнить, как Олег Григорьевич в советское время, во времена закрытых границ, стал всемирно известным специалистом по изоподам. Он описал десятки новых видов из самых глубоководных районов Антарктики – Южно-Сандвичева и Оркнейского желобов. Эти желоба Южного океана труднодоступны для тралений из-за ледовой обстановки, после советских экспедиций никто пока не смог их повторить, а наши смогли! Смогли собрать также бентосные материалы с дрейфующей ледовой станции СП-22 в абиссальной арктической Канадской котловине! Антарктические, арктические и Тихоокеанские глубоководные исследования в те времена были сродни освоению космоса, это был престиж страны. Сейчас мы возвращаемся к тому, что надо продолжать дело наших знаменитых предшественников своими силами, но на новом уровне, с учетом новых технологий и полученного опыта совместных с немцами исследований.

**ВИДОВОЙ СОСТАВ РЫБ ОСТРОВА ХОН МУН (БУХТА
НЯЧАНГ, ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ, ВЬЕТНАМ)***А. И. Маркевич**Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
alexmarkfish@mail.ru*

Бухта Нячанг является одной из самых богатых по видовому разнообразию рыб у побережья Вьетнама, список видов насчитывает 420 наименований (Nguyen V.Q., 2009). Здесь в 2001 г. была организована морская охраняемая акватория (МОА, Nha Trang MPA), включающая в себя 9 островов с прилегающей акваторией. В результате первоначального обследования МОА было обнаружено 207 видов рыб. На мониторинговых учётных водолазных трансектах у о-ва Хон Мун, являющегося центральной зоной МОА, в 2002 г. было зарегистрировано 103 вида, в 2005 г. – 85 видов рыб (Tuan et al., 2005). Позже у острова были подробно изучены отдельные группы рыб (Астахов, 2002; Астахов, Савинкин, 2019). В настоящее время рекреационная деятельность на коралловых рифах у о-ва Хон Мун довольно интенсивна: количество туристов, занимающимся дайвингом и снорклингом, доходит до 100 и более человек в день. По-видимому, существует вероятность негативного влияния активной туристической деятельности на кораллы и разнообразие рыб.

Цель исследования состояла в оценке разнообразия рыб в прибрежье о-ва Хон Мун по сравнению с пилотными обследованиями.

Видовой состав рыб о-ва Хон Мун был описан на основе 16 водолажных погружений, проведенных автором в декабре 2014 и апреле 2015 гг. Рыб регистрировали визуально и проводили фоторегистрацию, такой метод является адекватным инструментом для быстрого обзорного исследования (Halford, Thompson, 1994). Для фотосъемки использовали фотокамеру Canon EOS 550D с объективом Tamron AF 17–50 мм F/2.8, установленную в подводный бокс. Искусственное освещение обеспечивали фотовспышки. Учёты рыб проведены автором на 8 водолажных сайтах (Madonna Rock, Mammahanh Beach, Lobster Beach, Pipe Beach, Coral Garden, Moray Eel Beach, Fisherman Bay, Small Wall), на глубинах от 4 до 26 м, в ходе стандартных дайв-экскурсий. Длина маршрутов составляла 150–200 м, что позволяло наблюдать 750–1000 м² площади дна. Проанализировано более 670 фотографий. Для идентификации рыб использовали определитель «Coral reef fishes. Indo-Pacific and Caribbean» (Lieske, Myers, 2002) и Интернет-ресурс FishBase (<http://www.fishbase.org/search.php>).

Всего было определено 132 вида, относящихся к 69 родам и 39 семействам костистых рыб. Самое высокое видовое разнообразие было отмечено для рыб семейств Labridae – 19, Pomacentridae – 17 и Chaetodontidae – 14 видов. По 2–5 видов было обнаружено из 18 других семейств. Рыбы из 18 следующих семейств: Antennariidae, Aulostomidae, Blenniidae, Carangidae, Centriscidae, Cirrhitidae, Fistulariidae, Lethrinidae, Lutjanidae, Monacanthidae, Muraenidae, Pegasidae, Pinguipedidae, Sphyrnaeidae, Synanceidae, Synodontidae и Zanclidae были представлены только одним видом. Наиболее обычными рыбами являлись *Dascyllus trimaculatus* и *D. reticulatus*, *Abudefduf sexfasciatus*, *Chromis viridis*, *Amphiprion clarkii* (Pomacentridae), *Labroides dimidiatus* (Labridae), *Scarus quoi* (Scaridae), *Scolopsis bilineata* и *S. ciliata* (Nemipteridae), *Zebrasoma scopas* (Acanthuridae), *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae), *Chaetodon kleinii* и *Heniochus acuminatus* (Chaetodontidae), *Paraluteres prionurus* (Monacanthidae), *Synodus binotatus* (Synodontidae), *Zanclus cornutus* (Zanclidae). Единично встречены *Eupegasus draconis* (Pegasidae), *Gymnothorax flavimarginatus* (Muraenidae), *Ostracion meleagris*, *O. cubicus*, *Lactophrys bicaudalis* (Ostraciidae), *Antennatus dorehensis* (Antennariidae), *Parupeneus barberinoides* (Mullidae), *Synanceia homida* (Synanceidae), *Valencienella puellaris* и *Nemateleotris magnifica* (Gobiidae).

Представленный список видов рыб заметно более широк (132 наименования), чем тот, который был составлен по результатам учётов рыб в 2002 (103) и в 2005 гг. (85) (Tuan et al., 2005). 70 видов рыб, зарегистрированных в 2002 и 2005 гг., отсутствуют в нашем списке, и, наоборот, 61 вида нет в прежних списках. Это сравнение не совсем равноценное, так как мониторинговые учёты были проведены в районе только одного дайв-сайта – Moray Eel Beach, но они компенсировались более медленным и внимательным прохождением наблюдателями учётных трансект, чем наши обзорные дайв-экскурсии. Это ярко видно на рыбах семейства Labridae, которые являются мелкими оседлыми кораллобионтами – не встречены 20 видов из списков 2002 и 2005 гг., однако отмечены рыбы сем. Naemulidae и Holocentridae, которые не были учтены ранее. Такая разница свидетельствует как о высокой изменчивости разнообразия, так и об узкой экологической специализации рыб острова. Видовое богатство, зарегистрированное в декабре (32), было значительно ниже, чем в апреле (126). Это объясняется не только более малым количеством погружений (4 по сравнению с 12), но и худшими условиями для активности рыб в декабре (волнение до 3 баллов, прозрачность 3–7 м и более низкая температура воды – 24–26°C). В апреле гидрологические условия были более благоприятными: температура составляла 27–29°C, прозрачность воды достигала 15 м, волнение было слабым. Достоверно меньшая активность рыб в зал. Нячанг зимой была отмечена ранее (Nguyen L. V., 2012).

Рыбы-бабочки – биоиндикаторы здоровья коралловых рифов (Nguyen V.Q., Vinh, 2009), встречались повсеместно, но их численность была невелика, не более 15–25 особей на один маршрут. Объясняется это тем, что основная часть съёмок проводилась на небольшой глубине (до 8–10 м), где риф-флет является менее подходящим местом обитания для рыб-бабочек, чем рифовый склон. Кроме того, в мои учёты были включены только взрослые хетодонтиды, так как в декабре и апреле численность молоди рыб низка (Nguyen L.V., 2012). Видовой состав рыб-бабочек, как и общий список, различался почти на 50% по сравнению с прежними учётами: 7 видов нет в моем списке, 6 – в мониторинговом.

Количество рыб более 30 см TL было небольшим, не более 10% от всех наблюдаемых особей. В основном это были рыбы-попугаи (Scaridae), хирурговые (Acanthuridae), спинороговые (Balistidae) и сигановые (Siganidae). Очень редкими были встречи с крупными каменными окунями (Serranidae) и барракудами (Sphyraenidae). Большие группы (30 особей и более) образовывали только несколько видов рыб: *Dascyllus trimaculatus*, *Abudefduf sexfasciatus*, *Parapriacanthus ransonneti*, *Pempheris oualensis*, *Heniochus acuminatus* и *Sphyraena jello*.

Дайверы слабо влияют на разнообразие рыб, их количество и поведение. Но в апреле, в период размножения, были отмечены неоднократные случаи нападений на дайверов активных самцов *Amphiprion clarkii* и *Dascyllus trimaculatus*, другие рыбы относятся к людям безразлично. Инструкторы обращают особое внимание на аккуратное поведение туристов на дайв-боте, под водой наблюдают за бережным отношением к гидробионтам. Дайв-гиды собирают изредка встречающийся на дне мусор и уничтожают тернового венца *Acanthaster planci*, являющегося врагом живых кораллов. Коралловый риф у о-ва Хон Мун находится в хорошем состоянии, обесцвечивание кораллов минимально. В заключение следует отметить, что проведение подводных экскурсий, видимо, не оказывает заметного негативного влияния на сообщество рыб, как это отмечено и для о-ва Бонайре в Карибском море (Hawkins et al., 1999).

ПРИМЕНЕНИЕ БЕНТОСНЫХ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ

*С. И. Масленников¹, А. А. Пахлеванян¹, А. А. Лазукин²,
Н. Н. Волченко³*

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

*²Национальный исследовательский университет ИТМО,
г. Санкт-Петербург;*

*³Кубанский государственный университет, г. Краснодар
721606@mail.ru*

С помощью микробных топливных элементов (МТЭ) бентосного (донного) типа и системы автоматического онлайн-мониторинга проведено исследование биоэлектрогенной активности естественных природных микробных сообществ донных осадков зал. Петра Великого Японского моря в круглогодичном эксперименте с параллельным мониторингом температуры, освещенности, электрической проводимости воды.

Разработаны несколько вариантов подводных устройств, включающих микробные топливные элементы бентосного типа, датчики мониторинга водной среды, системы сбора и передачи информации. Показано, что устройства способны создавать электрическое напряжение до 216 мВ, удельную мощность (по площади анода) до 239 мВт/м². Электрогенная активность природной микрофлоры зависит от температуры воды и максимальна в летний период при температуре 20–25°C. Внесение в ил токсикантов в виде углеводов и кадмия приводило к подавлению микробного электрогенеза. Внесение веществ-индукторов микробного сульфидогенеза стимулировало электрогенные процессы.

Показана возможность функционирования донных МТЭ в полевых условиях зал. Петра Великого в различные климатические периоды. Показано, что подобные экспериментальные устройства могут служить основой для автономных станций мониторинга состояния водной среды на протяжении длительного времени и в широком диапазоне изменения условий. Так, автоматическую регистрацию температуры, освещенности и солёности воды с периодичностью 48 раз в сут проводили на протяжении 13 мес (28.11.2019–31.12.2020). Электрогенная активность донной микробиоты при масштабировании МТЭ потенциально может стать новым возобновляемым источником энергии для маломощной морской электроники, в том числе применяемой в марикультуре.

ЛИПИДОМ ТИЛАКОИДНОЙ МЕМБРАНЫ КАК ХЕМОТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНДОСИМБИОНТОВ КОРАЛЛОВ ИНДО-ПАЦИФИКИ

Е. В. Маськин^{1,2}, *Т. В. Сикорская*¹, *Е. В. Ермоленко*¹, *К. В. Ефимова*¹,
Д. Д. Солодий^{1,2}

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

²*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
kravn228@gmail.com*

Многие виды коралловых полипов содержат эндосимбиотических динофлагеллят. Под влиянием стресса (повышенная температура морской воды, повышенный уровень солнечной радиации) динофлагелляты частично или полностью покидают коралл. Это так называемый процесс обесцвечивания кораллов, который является основной причиной гибели коралловых рифов и поэтому интенсивно изучается учеными по всему миру. Коралловые рифы Индо-Пацифики распространены на обширной океанической территории, покрывающей почти половину поверхности Земли. Южно-Китайское море представляет собой регион в центральной части Индо-Пацифики, который, несмотря на примыкание к западной границе Кораллового треугольника, признанного центра максимального морского биоразнообразия, получает гораздо меньше научного и природоохранного внимания.

Некоторые классы гликолипидов, такие как сульфохиновозилдиацилглицеролы (СХДГ), моно- и дигалактозилдиацилглицеролы (МГДГ и ДГДГ) и фосфорсодержащий класс липидов фосфатидилглицеролы (ФГ) являются важными компонентами биомембран фотосинтетического аппарата растений и составляют основу липидов симбиотических динофлагеллят. Стабильность мембраны определяется ее уникальным липидным составом. Пропорции различных классов липидов стабильны, что указывает на наличие механизмов, ответственных за устойчивое состояние (гомеостаз) мембранного липидома тилакоидов и контролирующих его в определенных экологических и физиологических условиях. Разные виды симбионтов кораллов применяют различные стратегии перестройки тилакоидных мембран как способы адаптации к неблагоприятным факторам. Мы проанализировали и сравнили тилакоидные липидомы (молекулярные виды МГДГ и ДГДГ, СХДГ и ФГ) эндосимбиотических динофлагеллят различных групп кораллов: рифообразующего коралла *Acropora* sp., гидрокоралла *Millepora platyphylla* и мягкого коралла *Sinularia flexibilis*. Генетический анализ показал наличие нескольких ветвей динофлагеллят семейства

Symbiodiniaceae во всех колониях кораллов, за исключением нескольких колоний *S. flexible*. *Acropora* sp., *M. platyphylla* и *S. flexible* были обогащены симбионтами *Cladocopium* C3u, *Cladocopium* C71/C71a и *Cladocopium* C3, соответственно.

Некоторые параметры – полярная голова (класс липида), длина и степень ненасыщенности ацильных и алкильных цепей глицеролипидов, могут влиять на свойства мембраны. Анионный липид СХДГ связан с белками фотосинтезирующего аппарата, но при нормальных условиях не является жизненно необходимым, в противоположность анионному фосфолипиду ФГ. При фосфорном голодании СХДГ может быть частичной заменой ФГ, поэтому в клетке всегда наблюдается строгий баланс между этими двумя классами липидов. Термочувствительный вид симбионтов *Cladocopium* C3 мягкого коралла *S. flexible* имел повышенное соотношение СХДГ/ФГ, в отличие от симбионтов кораллов *Acropora* sp. и *M. platyphylla*.

Галактоглицеролипиды МГДГ и ДГДГ – основные классы липидов мембран фотосинтетического аппарата. Эти два класса липидов имеют различные биофизические свойства, ДГДГ является бислообразующим, а МГДГ – нет. Соотношение ДГДГ/МГДГ имеет решающее значение для правильного физиологического функционирования тилакоидной мембраны и поддерживается на постоянном уровне. Термочувствительный *Cladocopium* C3 мягкого коралла *S. flexible* имел соотношение ДГДГ/МГДГ < 1 , в отличие от симбионтов кораллов *Acropora* sp. и *M. platyphylla*. Наиболее очевидная роль полярных глицеролипидов в тилакоидах состоит в том, чтобы составлять липофильный матрикс, в который встроены фотосистемы. Из-за перенаселенности белковыми комплексами в фотосинтетических мембранах латеральная подвижность может быть относительно ограничена. Наличие множественных двойных связей в молекулах галактоглицеролипидов может облегчить латеральную динамику в этой среде. Более высокое содержание МГДГ и ДГДГ с более низкой степенью ненасыщенности наблюдалось у *Cladocopium* C3 из *S. flexible*, тогда как галактолипиды симбионтов *Cladocopium* C3u и C71/C71a из кораллов *Acropora* sp. и *M. platyphylla* имели высокую степень ненасыщенности, что является характерной чертой термотолерантного клада Д симбионтов. Кроме того, в липидах симбионтов кораллов *Acropora* sp. и *M. platyphylla* не были обнаружены СХДГ с полиненасыщенными жирными кислотами, что также является чертой термотолерантного клада Д симбионтов. Длина ацильных цепей глицеролипидов также различалась между симбионтами исследованных кораллов. Это свидетельствовало о разнице в толщине мембранного бислоя и пространственном расположении глицеролипидов в тилакоидной мембране.

Функциональные различия между эндосимбиотическими динофлагеллятами наблюдаются не только между кладами, но и на более низких таксономических уровнях, например, между видами. Различия в липидоме можно наблюдать и между симбионтами, принадлежащими к одному роду, например *Cladocopium* C100/118 и C111. В настоящей работе показано, что липидом тилакоидной мембраны определяется основным видом симбионтов коралла, который имеет ряд характерных особенностей. Эти липидомные характеристики можно использовать в качестве хемотаксономических маркеров присутствия определенных эндосимбиотических динофлагеллят в коралле.

МОРЖИ НОВОЙ ЗЕМЛИ: ЧТО ПОКАЗЫВАЮТ РАЗНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ?

*И. Г. Мещерский¹, С. И. Мещерский¹, Н. В. Крюкова^{1, 2},
А. И. Исаченко³, Р. Е. Лазарева³, С. М. Артемьева^{1, 4}*

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва;*

²*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский;*

³*ООО “Арктический Научный Центр”, г. Москва;*

⁴*Зоологический музей Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова, г. Москва
meschersky_ilya@sev-in.ru*

Пространственно-популяционная структура атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) в пределах российской части его ареала изучена плохо. Моржи, круглогодично встречающиеся в водах архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), образуют единую популяцию с моржами архипелага Шпицберген (Andersen et al., 1998, 2009, 2017; Born et al., 2001; Freitas, 2009; Lydersen, Kovacs, 2014; Wiig, 2014), а моржи, также круглогодично встречающиеся в Печорском море, представляют собой относительно обособленную генетическую группировку (Andersen et al., 2017). Еще одно крупное скопление моржей, которое образуется в безледовый период у северной оконечности архипелага Новая Земля, изучено в генетическом отношении крайне слабо. Отсутствие моржей в этом регионе в зимнее время позволяет предполагать, что на образующихся здесь летних лежбищах собираются животные, зимующие и размножающиеся в другом регионе, одном или нескольких. Действительно, радиопрослеживание отдельных особей показало возможность миграции к северной оконечности Новой Земли моржей как из Печорского моря (Semenova et al., 2019), так и с ЗФИ (данные ООО «Арктический научный центр»). Ранее сравнительный генетический анализ аллельного состава микросателлитных локусов для небольших (9 и 8 особей) выборок с ЗФИ и Новой Земли показал отсутствие между ними генетических различий (Шитова и др., 2015). В нашем исследовании, основанном на выборках большего размера (38 особей с ЗФИ и 29 особей с лежбищ на Оранских островах), при анализе по 12 микросателлитным локусам и контрольному региону мтДНК, между этими регионами были отмечены небольшие, но статистически достоверные отличия, уровень которых соответствовал отличиям между моржами популяций ЗФИ–Шпицбергена и Печорского моря (Andersen et al., 2017) В то же время, как показал кластерный анализ, особи с Новой Земли были генетически неоднородны – часть из них практически не

отличалась от моржей с ЗФИ, в то время как для других уровень отличий был гораздо выше, чем в среднем по выборке. На таком же относительно высоком уровне эти две группы с Новой Земли отличались и друг от друга. Полученный результат полностью соответствовал предположению о том, что на лежбищах у северной оконечности Новой Земли летом собираются моржи как с ЗФИ, так и из другого региона, вероятнее всего из Печорского моря.

Используя метод таргетного секвенирования на платформе Illumina, мы провели определение нуклеотидных последовательностей экзона 2 гена DQB главного комплекса гистосовместимости (МНС) с последующей оценкой индивидуальных генотипов по этому локусу у 32 особей с ЗФИ и 14 особей с Новой Земли. Анализ показал наличие выраженных статистически достоверных отличий между двумя регионами, заметно превышающими отличия, выявляемые при анализе микросателлитных локусов. При этом генетической неоднородности в выборке с Новой Земли выявлено не было, из чего можно сделать вывод о принадлежности новоземельских моржей к отдельной, не связанной с популяцией ЗФИ–Шпицбергена, генетической группе. Этот вывод вступает в противоречие с предыдущим заключением, сделанном на основе анализа селективно-нейтральных маркеров и предполагающим, что скопление моржей на летних лежбищах на Новой Земле носит смешанный характер со значительным участием сезонных мигрантов с ЗФИ.

Сходный результат – заметно большие различия между региональными группами, выявляемые при анализе частотного состава аллелей гена DQB по сравнению с анализом микросателлитных локусов, был получен ранее при исследовании моржей, обитающих в трех разных районах побережья Гренландии (Sonsthagen et al., 2014). Исследованные нами моржи как с ЗФИ, так и с Новой Земли, в свою очередь, отличаются по частотам аллелей этого локуса от любой из трех гренландских групп, несмотря на то что большинство аллелей являются общими для всех пяти выборок. Большая разрешающая способность анализа генов МНС-комплекса по сравнению с микросателлитными локусами была также показана при оценке генетических различий между репродуктивными лежбищами серого тюленя (*Halichoerus grypus*) в Северной Атлантике (Cammen et al., 2011) и прибрежными популяциями афалины (*Tursiops aduncus*) у западного побережья Австралии (Manlik et al., 2019). В то же время интерпретация таких результатов неоднозначна. Гены МНС ответственны за иммунитет, и соотношение частот аллелей в разных географических группах, очевидно, должно находиться под действием отбора и отражать различия в наборе патогенов, с которыми сталкиваются животные и/или во внешних условиях, способствующих либо препятствующих влиянию патогенов. Однако, в чем конкретно

выражаются эти различия, в большинстве случаев остается неизвестным. В отношении мигрирующих животных, в частности моржей, допустимо также предположение о предпочтении особями с различными вариантами МНС-генотипов различных районов летнего нагула, вне зависимости от (суб)популяционной принадлежности, определяемой пребыванием в том или ином районе в период размножения в зимнее время.

Работа проведена в рамках экологических исследований морей Российской Федерации и подготовки экологических атласов для серии “Экологические атласы морей России” по заказу ПАО НК “Роснефть”, а также в рамках экологических исследований, проведенных ООО “Арктический Научный Центр” в 2012–2017 гг. для серии “Атласы морей Российской Арктики” по заказу ООО “Арктический Научный Центр” и научного института ПАО НК “Роснефть”.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕМАТОД РОДА *PARAFILAROIDES*, ПАРАЗИТИРУЮЩИХ НА КАСПИЙСКОЙ И БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПАХ

И. Г. Мещерский¹, И. В. Суворова²

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва;

²Центр океанографии и морской биологии “Москвариум”, г. Москва
meschersky_ilya@sev-in.ru

Из трех видов тюленей рода *Pusa* один, кольчатая нерпа *Pusa hispida*, широко распространен в арктических и субарктических морях Северного полушария, а два других, байкальская *P. sibirica* и каспийская *P. caspica*, являются обитателями замкнутых водоемов, не имеющих связи с Мировым океаном. Время и пути проникновения двух последних, соответственно, в Каспийское море и озеро Байкал остаются неизвестными. Все три вида рода *Pusa* подвержены заражению нематодами рода *Parafilaroides* (Strongylida: Filaroididae) – специфичными легочными паразитами ластоногих. Очевидно, что попасть во внутриконтинентальные водоемы эти паразиты могли только вместе со своими хозяевами, а степень накопившихся между ними отличий позволяет судить о времени последующего изолированного существования.

Указанные паразиты байкальской нерпы в свое время были отнесены к виду *Parafilaroides krascheninnikovi* (Контримавичус, Деламяре, 1979), изначально описанному в качестве паразита кольчатой нерпы в Чукотском и Беринговом морях (Юрахно, Скрыбин, 1971), а паразиты каспийской – к отдельному виду *P. caspicus* (Курочкин, Заблоцкий, 1958). Однако в ходе последующей ревизии, на основании анализа первоописаний и измерения музейных экземпляров нематод из Чукотского моря, было признано, что *P. krascheninnikovi* следует считать синонимом *P. gymnurus* – распространенного паразита настоящих тюленей морей Северного полушария (Gosselin, Measures, 1997). В отношении *P. caspicus* было сделано заключение, что это *species inquirenda*, так как вид был недостаточно подробно описан, а приводимые авторами значения морфологических показателей находились в пределах, известных для того же *P. gymnurus*. Учитывая также то, что в работе В. Контримавичуса и С. Деламяре (1979) не было приведено достаточно аргументов для отнесения *Parafilaroides* из Байкала к форме *P. krascheninnikovi*, таксономический ранг и особенности этих паразитов каспийской и байкальской нерп остаются неясными.

В нашей работе мы впервые подошли к рассмотрению этого вопроса на основе молекулярно-генетических данных. Для трех

экземпляров каждой из двух форм были определены нуклеотидные последовательности участка ITS-2 и D2/D3 региона гена рибосомальной субъединицы 28S ядерной ДНК и первой половины первой субъединицы гена цитохромоксидазы (COI) митохондриальной ДНК с последующим сравнением с последовательностями видов рода *Parafilaroides*, представленными в базе данных GenBank. Из полученных результатов следует, что *Parafilaroides*, паразитирующие на байкальской и каспийской нерпах, генетически более близки друг к другу, чем к паразитирующему, в том числе на кольчатой нерпе, *P. gymnurus*. Так, для гена COI дистанция между этими формами составляет 4.56%, что заметно меньше уровня межвидовых отличий (6.9–13.0%), характерного для разных родов нематод таксона Strongylida (Blouin, 2002). В то же время дистанция между *P. gymnurus* и паразитами каспийской нерпы (7.62%) соответствует межвидовому уровню, а дистанция между *P. gymnurus* и паразитами байкальской нерпы (6.49%) близка к нему. Такой результат свидетельствует в пользу гипотезы о происхождении каспийской и байкальской нерп от общего предка, отделившегося ранее от предков современной кольчатой нерпы, а также позволяет поднять вопрос о пересмотре таксономического статуса форм "*krascheninnikovi*" и "*caspicus*" в составе рода *Parafilaroides*. Разумеется, для окончательного заключения необходимо исследование дополнительных образцов и морфологическое описание данных паразитов.

ПИТАНИЕ ПЯТНИСТОГО ТЮЛЕНЯ (*PHOCA LARGHA*) В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО ОКЕАНАРИУМА

П. В. Мищенко^{1,2}, А. Д. Басараба³, И. О. Катин^{1,2}

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

²Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии ДВО РАН, г. Владивосток;

³Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
xpolli@mail.ru

Морские млекопитающие – важная часть большинства морских экосистем. Они быстро реагируют на изменения в экосистеме и являются прекрасными индикаторами её состояния. Среди морских млекопитающих обширную группу составляют ластоногие. В отличие от ушастых тюленей, они менее устойчивы к инфекциям, сильнее подвержены стрессам и более требовательны к показателям питательности пищи. Питание является одним из важнейших факторов, опосредующих связь организма с внешней средой и оказывающих решающее влияние на здоровье, рост, развитие и устойчивость организма к вредным воздействиям среды обитания. По данным литературных источников, пищевые привычки ластоногих были установлены в результате прямых наблюдений, анализов экскрементов или содержимого желудка. Тем не менее, отсутствуют точные данные об особенностях питания во время сезонных изменений, смен биологических ритмов, различий в питании самцов и самок пятнистых тюленей разных возрастных категорий.

Таким образом, целью работы было изучить питание пятнистых тюленей за весь период содержания с 2015 по 2021 г. в условиях Приморского океанариума, приближенных к естественным.

Одними из важных задач при содержании тюленей на ограниченной территории в естественной среде обитания являлись: 1. Разработка и применение рационов, которые будут соответствовать как сезонным изменениям, так и физиологическим потребностям животных с поддержанием высокой пищевой мотивации. 2. Содержание пятнистых тюленей в максимальном соответствии с их естественной природной активностью. Для компенсации недостатка физической активности, мы уделяем особое внимание тренировочным процессам на суше, где нагрузка на внутренние органы значительно возрастает.

Исследование проводили в период с апреля 2015 г. по декабрь 2021 г. в Вольерном комплексе, который был организован на базе Центра коллективного пользования Приморского океанариума – филиала ННЦМБ ДВО РАН в б. Парис (Русский остров). Исследуемые тюлени

находились в естественных для них условиях в морской акватории, с ограничением пространства.

Объектами исследования были 5 тюленей одного возраста – Кант, Платон, Сократ, Варя и Дуся (три самца и две самки, рожденные в марте 2015 г. в дикой природе), а также 1 самец тюленя меньшего возраста – Юпитер, рожденный 6 марта 2019 г. в Вольерном комплексе.

Ежедневно для каждой особи взвешивали размороженную рыбу, морепродукты и рассчитывали калории, после чего данные заносили в индивидуальные дневники питания тюленей. Кормление производили 3 раза в сут в 9:00, 12:00 и 15:00 ч. Ежедневно в рацион питания добавляли необходимые витамины. Далее был произведен расчет общей массы корма и калорий по каждому виду рыбы и морепродуктов для каждой особи за месяц. Также проводили взвешивание каждого животного каждые 5 сут.

По результатам проведенного анализа было установлено, что по мере взросления тюленей и увеличения массы тела с апреля по декабрь 2015 г. происходило увеличение потребления корма. С 2016 г. было зафиксировано снижение потребления корма и массы тела в мае в связи с периодом линьки у тюленей. По достижении животными половой зрелости количество потребляемой рыбы, калорийность корма и вес тюленей были подвержены циклическим сезонным изменениям в течение года. В 2019–2021 гг. постепенное снижение массы тела у тюленей и потребляемого корма было отмечено к весенне-летнему периоду, а повышение массы тела и потребляемой рыбы в осенне-зимний период. Было установлено, что потребление пищи тюленями напрямую зависит от физиологического состояния животных: периоды спаривания и линьки сопровождались низкими показателями питания тюленей, в отличие от сезонных раскормов, когда животных кормили интенсивно. Значимого различия в питании самцов и самок тюленей не обнаружено.

Нами было выявлено, что правильно подобранный рацион питания пятнистых тюленей, содержащихся в естественных условиях с ограничением пространства, крайне важен для здоровья животных, а также для поддержания необходимой пищевой мотивации каждой особи. Тем не менее, немаловажным фактором остается влияние на пятнистых тюленей природных факторов, смен сезонов года, естественных физиологических процессов (период спаривания, родов, линьки), изменение температурного режима воды и воздуха, которые важно учитывать при составлении рационов питания.

**МЕЙОБЕНТОС ОСТРОВОВ КОНДАО (ВЬЕТНАМ): СТРУКТУРА
ТАКСОЦЕНОВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ**

**В. О. Мокиевский¹, Л. А. Гарлицкая¹, Д. В. Кондарь¹, П. П. Лепихина¹,
Нгуен Динь Ты²**

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва;

²Институт экологии и биологических ресурсов ВАНТ, Ханой
vadim@ocean.ru

Архипелаг Кондао расположен на расстоянии около 100 км к югу от материкового берега Вьетнама. На протяжении всей истории хозяйственная деятельность на островах была ограничена, здесь сохранились мало нарушенные сообщества мангров и коралловых рифов. Кутовые части заливов занимают протяженные участки риф-флетов, окаймленные мангровыми лесами. Дно сложено коралловым песком различной крупности, обращенный к морю пояс мангров составляют виды рода *Rhizophora*.

Задачи исследования – количественная оценка вклада географического положения, межбиотопических различий и локальных условий в поддержание видового разнообразия ключевых групп мейобентоса и определение меры его стабильности во времени. Исследования мейобентоса архипелага проводились авторами в 2010 и 2022 гг. в одних и тех же координатах на пяти участках в бухтах трех островов. На каждой станции были отобраны две серии проб – в ризосфере мангров и на участках кораллового песка. В 2022 г. пробы дополнительно подразделяли по слоям для анализа вертикального распределения животных. Детальное таксономическое исследование выполнено для двух ведущих групп мейобентоса – гарпактикоидных копепод и нематод.

В составе мейобентоса во все годы доминировали нематоды. Второе место по обилию занимали гарпактициды. Таксономический анализ выявил 130 видов свободноживущих нематод из 29 семейств, гарпактикоидные копеподы были представлены 37 видами из 13 семейств, не считая точно не идентифицированных форм. Сравнительный анализ населения коралловых песков и мангров позволил выявить характерные таксоны для каждого из биотопов. Межбиотопические различия в составе мейофауны более отчетливо проявлялись на уровне высших таксонов (семейства, подсемейства нематод), а также в спектрах жизненных форм гарпактицид. Локальное разнообразие было сопоставимо с уровнем, известным для материкового побережья, основной вклад в общее видовое разнообразие вносил межбиотопический компонент (бета-разнообразие): наборы видов на каждом исследованном участке отличались, сходство видового состава между станциями было низким.

Межгодовые различия в количественных показателях и структуре мейофауны были незначительны и перекрывались пространственной вариацией плотности поселений в отдельных биотопах.

Среди большого числа идентифицированных видов с о-вов Кондао, лишь несколько видов были прежде указаны для биотопов материкового побережья. Это свидетельствует не только о специфичности островной фауны, но и о слабой изученности свободноживущих нематод и гарпактицид вьетнамского побережья, относящегося, тем не менее, к наиболее исследованным в Юго-Восточной Азии.

Работа поддержана грантом РФФИ № 21-54-54006 Вьет_а.

РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА БУРОГО МОРСКОГО ПЕТУШКА *ALECTRIAS ALECTROLOPHUS* (STICHAEIDAE) В ПРИБРЕЖЬЕ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

М. Ю. Мурашева, А. М. Токранов

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
rossiavaslubit@gmail.com*

Бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus* (сем. Stichaeidae) – типичный представитель литоральных рыб, широко распространенный в северо-западной части Тихого океана. В период открытой воды с апреля по октябрь он постоянно обитает в приливно-отливной зоне, оставаясь здесь в укрытиях под камнями и в лужах во время отливов. Во многих районах обитания (например, в Авачинской губе) в галечно-валунных биотопах бурый морской петушок является массовым видом. Высокая численность, оседлый образ жизни и простота в сборе материала делают этот вид удобным биологическим индикатором экологического состояния прибрежной зоны при различных антропогенных воздействиях (прежде всего – загрязнения), для чего необходимы сведения о его биологии. Анализ собранных в 2014–2021 гг. авторами и имеющихся в коллекционном фонде Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН за 1997–1998 гг. материалов дает возможность получить представление о размерно-возрастной структуре бурого морского петушка в разных участках побережья Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка).

Материал собран в апреле–сентябре на четырех, подверженных различной степени антропогенного воздействия участках приливно-отливной зоны Авачинской губы, три из которых расположены в её северо-восточной части в черте Петропавловска-Камчатского (первый – рядом с местом базирования рыболовецких судов вблизи микрорайона Сероглазка, второй – в самом центре города у сопки Никольской, третий – у м. Сигнального), а четвертый – в юго-западной части у м. Казак. Также использованы материалы, собранные на литорали о-вов Старичков и Крашенинникова (первый из них находится в Авачинском заливе несколько южнее Петропавловска-Камчатского и является ООПТ «Памятник природы», второй – в его северо-восточной части и входит в состав природного парка «Налычево»). Бурого морского петушка ловили руками под камнями в приливно-отливных лужах во время максимальных отливов и фиксировали в 6% формалине, а затем в лабораторных условиях проводили биологический анализ. Всего промерено свыше 11 тыс. (из них для биологического анализа использовано более 1.5 тыс.) особей этого

вида стихеевых рыб размером 22–143 мм в возрасте от сеголетка (0+) до 7 лет.

Бурый морской петушок – мелкий, короткоцикловый вид, предельные размеры которого достигают 15 см. Его максимальная зарегистрированная длина в Авачинской губе, по нашим данным, составляет 143 мм, масса тела – 15.9 г, возраст – 7 лет. В прибрежье о-вов Старичков и Крашенинникова этот вид несколько мельче, его размеры не превышают 131 мм и 11.4 г. Несмотря на некоторые колебания, кривые размерного состава бурого морского петушка в приливно-отливной зоне всех обследованных нами участков Авачинского залива имели сходный, двухвершинный характер с модальными значениями в различные годы от 45 до 65 и от 85 до 100 мм. Первые из них, по нашим определениям, соответствуют двухлеткам (1+), тогда как вторые – в основном четырехлеткам (3+).

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют проанализировать сезонную динамику размерного состава бурого морского петушка в приливно-отливной зоне Авачинской губы. В период с апреля по август здесь встречаются особи этого вида длиной 40–143 мм в возрасте от двух (1+) до 7 лет. Однако наиболее многочисленны четырехлетки (в различные годы их доля варьирует от 29.8 до 67.2%) размером 81–100 мм с массой тела 3–6 г. В связи с ростом двухлеток, минимальная длина выловленных в весенне-летние месяцы рыб постепенно возрастает с 40 до 59 мм. Одновременно увеличиваются средние размеры бурого морского петушка с 82 до 96 мм. Но в начале августа среди пойманных на литорали рыб начинают появляться сеголетки (0+) длиной 22–27 мм (в более теплом 2021 г. зарегистрированы в последней декаде июля), относительное количество которых в дальнейшем постепенно увеличивается, и в первой половине сентября они формируют одну из ранее отмеченных модальных групп, представители которой на следующий год станут двухлетками.

При сравнении относительного количества особей бурого морского петушка различных возрастных групп в приливно-отливной зоне Авачинской губы в разные годы, хорошо прослеживается двухлетняя периодичность в преобладании либо двух-трехлеток (1+ – 2+), либо четырехлеток (3+), формирующих основу его популяции (их суммарная доля варьирует от 64.1 до 86.1%). В настоящее время о причинах отмеченной двухлетней периодичности в доминировании особей этих возрастных групп можно говорить лишь предположительно, так как ряд наблюдений не столь продолжителен. Поскольку рыбы всех возрастов у данного вида обитают в течение года в одном и том же биотопе (преимущественно приливно-отливная и прибрежная зоны на глубинах до 5 м) и имеют в Авачинской губе сходный состав пищи, основу которой составляют бокоплавы, двухлетняя периодичность в преобладании на

литорали либо двух- и трехлеток, либо четырехлеток, вероятно, позволяет существенно снизить между ними уровень пищевой конкуренции. Принимая во внимание тот факт, что бурый морской петушок является малоподвижным видом донных рыб, не совершающим существенных перемещений, к тому же, согласно нашим аквариальным наблюдениям, ведущим ярко выраженный территориальный образ жизни, активно выгоняя с занятого участка других рыб (в том числе, своих сородичей), наблюдаемая двухлетняя периодичность в доминировании в приливно-отливной зоне либо двух-, трех-, либо четырехлеток, по-видимому, дает ему возможность более эффективно использовать кормовые ресурсы данного биотопа и поддерживать оптимальную численность популяции.

В заключение следует отметить, что присутствие в апреле–июне 2021 г. в прибрежье Авачинского залива (как в подверженной значительному антропогенному воздействию приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы, так и на литорали входящего в состав природного парка «Налычево» о-ва Крашенинникова, где отсутствует какое-либо бытовое или промышленное загрязнение) особей бурого морского петушка в возрасте от 1 до 7 лет наглядно свидетельствует, что сложившаяся в результате вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г. в прибрежных водах Южной Камчатки неблагоприятная экологическая обстановка, вызвавшая массовую гибель целого ряда донных морских беспозвоночных, не оказала существенного воздействия на численность и размерно-возрастную структуру этого представителя литоральной ихтиофауны. Появление же в период с конца июля до начала сентября в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы большого количества сеголеток бурого морского петушка позволяет сделать вывод, что вредоносное цветение водорослей практически не повлияло на эффективность его нереста в зимне-весенний период 2021 г., а также на последующее выживание отложенной икры и появившихся из нее личинок.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ МОРСКИХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *LEPTOLYNGBIA MINUTA* И *SPIRULINA SUBSALSALSA*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЕЯ

А. В. Огнистая^{1,2}, Т. И. Дункай^{1,2}

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

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
alya_lokshina@mail.ru

Цианобактерии, населяющие морскую среду это многообещающая группа микроорганизмов для получения новых биологически активных продуктов. Метаболическое разнообразие цианобактерий связано с различными путями биосинтеза этих организмов. В процессе жизнедеятельности цианобактерии выделяют в окружающую среду до 40% ассимилированного ими углерода в виде аминокислот и их амидов, а также большое количество разнообразных метаболитов (белковые вещества, углеводы, липиды, органические кислоты, стерины, изопреноиды, фитогормоны, фенольные соединения и витамины). Некоторые из этих веществ обладают противоопухолевыми, антибактериальными (антибиотическими широкого спектра действия), противовирусными и фунгицидными свойствами.

Цель работы – изучить антимикробные свойства двух видов морских цианобактерий *Leptolyngbia minuta* и *Spirulina subsalsa*, выделенных из вод Японского моря.

Объектом исследования послужили культуры цианобактерий *S. subsalsa* MBRU_SPSUB и *L. minuta* MBRU_LMIN. Культивирование проводили на питательной среде *f*. Выращивание цианобактерий осуществляли в климатостате Binder при заданной температуре 20°C, освещённости 3500 люкс, периодическом освещении 12 ч свет: 12 ч темнота в течение 30 сут. Одну партию цианобактерий выращивали в объеме 4 л, вторую партию в малом объеме – 100 мл.

Оценку антибиотической активности метаболитов цианобактерий проводили диско-диффузионным методом. В работе использовали штаммы микроорганизмов *Vibrio* sp., *Escherichia* sp., *Staphylococcus lentus*, *Pseudomonas* sp., *Enterococcus* sp., *Bacillus* sp., *Escherichia coli* и *Staphylococcus pasteurii*, выделенные из Японского моря. Кроме того, с помощью метода измерения оптической плотности определяли способность бактерий формировать биопленку, как под воздействием супернатантов цианобактерий, так и без них.

В результате исследований выявлено, что все морские бактерии, тестируемые в работе, способны формировать биопленку. Метаболиты *S.*

subsalsa MBRU_SPSUB и *L. minuta* MBRU_LMIN, полученные из больших объемов, проявили антимикробную активность выше, чем метаболиты цианобактерий, поддерживаемые в малых объемах. Наиболее действенной оказалась культура *L. minuta*, ее биоактивные соединения подавляли рост двух бактерий *Enterococcus* sp. и *E. coli* из восьми тестируемых. Метаболиты *S. subsalsa* ингибировали одну бактерию *S. pasteurii*.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения метаболитов цианобактерий в целях их использования в борьбе с возбудителями инфекционных заболеваний различной этиологии.

СПАСЁТСЯ ЛИ МИР ОТ ПЛАСТИКА? ДЕГРАДАЦИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ *LITTORINA BREVICULA* И В ДОННЫХ ОСАДКАХ

В. С. Одинцов, А. А. Карпенко, М. А. Карпенко

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

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнений тот факт, что пластиковое загрязнение носит глобальный характер. Пластик любых размерных фракций находят в водах всех океанов на любых глубинах от Северного Ледовитого океана до берегов Антарктиды. Под воздействием ветра, волн, света и кислорода крупные фрагменты пластика истираются, образуя мелкие фракции вплоть до микро- и наночастиц, практически не поддающихся учету, но представляющих, по многим оценкам, наибольшую опасность для всего живого. В последнее время, на фоне растущего количества исследований, посвященных распространению и систематизации пластикового загрязнения в океане, и экспериментальных работ по определению вреда, наносимого микро- и нанопластиком различным организмам, появляется все больше публикаций о биотической деградации пластика (биодеградации), приводящей к его трансформации, последствия которой еще предстоит выяснить.

Настоящее исследование было направлено на оценку деградации пластика в результате его взаимодействия с живыми организмами по механическим и химическим признакам. Часть опытов была направлена на изучение изменений полиэтилентерефлата (ПЭТ), наиболее распространенного пластика, используемого для производства емкостей для продуктов питания, экспонированного полгода в полупогруженном в донные осадки (илистый песок) состоянии. Другая часть опытов имела целью оценить изменения, происходящие с нано- и микрочастицами политетрафторэтилена (Тефлона) и акрилового фторированного сополимера (Протакрил-М), широко используемых в медицине, при попадании в пищеварительный тракт брюхоногого моллюска *Littorina brevicula*, обитающего на литорали.

Результаты показали, что длительная экспозиция ПЭТ в донных осадках приводит к изменению его структуры, а именно к увеличению доли аморфной фазы пластика по отношению к кристаллической. Одновременно изменяется топография поверхности пластика. Поверхность ПЭТ, находившаяся на границе донных осадков с водой, становится глубоко изрезанной и рыхлой по сравнению с остающейся

гладкой поверхностью в местах, недоступных для микрофлоры донных осадков.

Поверхность частиц Протакрила-М, прошедших через пищеварительный тракт брюхоногих моллюсков *L. brevicula*, также изменяет механические свойства, становясь менее упругой и более подверженной воздействию абиотических факторов среды. Раман-микроспектроскопия показала, что химический состав поверхности частиц как Протакрила-М, так и тефлона, изменялся после поедания их моллюсками.

Таким образом, мы показали, что в результате экспозиции в грунте или пищеварительном тракте брюхоногих моллюсков в пластике происходят изменения, которые можно трактовать как биodeградацию, облегчающую его дальнейшее разрушение. Биodeградация вероятно вызвана свободноживущими или симбиотическими микроорганизмами, а также, возможно, и пищеварительными ферментами брюхоногих моллюсков *L. brevicula*. Есть основания предполагать, что адаптационные способности микроорганизмов и гидробионтов смогут противодействовать накоплению нано- и микропластика в экосистемах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ГОЛЬЦОВ РОДА *SALVELINUS*: ИДЕИ, ОСНОВАННЫЕ НА СЕКВЕНИРОВАНИИ ПОЛНЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ

А. Г. Олейник

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

Митогеномика или изучение полных последовательностей митохондриальных геномов (митогеномов) была предложена в качестве полезного инструмента для филогенетического анализа почти всех видов организмов, включая рыб. Митогеномы оказались более информативны, чем отдельные гены митохондриальной ДНК (мтДНК), их фрагменты или некодирующие участки. Учитывая экономическую важность рыбных ресурсов, была развернута общедоступная специализированная международная программа *MitoFish* (<http://mitofish.aori.u-tokyo.ac.jp>). Очевидно, что применительно к рыбам произошел революционный перелом в секвенировании и сравнительном анализе митогеномов. На основе новых данных были опубликованы несколько филогений для отдельных родов и семейства лососевых рыб. Но проблема таких филогенетических реконструкций заключается в представительстве разными видами/подвидами/формами того или иного исследуемого таксона. Самый полный набор данных для лососевых рыб до недавнего времени включал последовательности для 25 таксонов, а наименее изученным в этом отношении оказался род *Salvelinus*, который является доминирующим по биоразнообразию в семействе. Одновременно гольцы проявляют биологические признаки, затрудняющие реконструкцию филогении рода (высокая морфологическая и экологическая изменчивость, быстрая радиация, интрогрессивная гибридизация, локальные адаптации). К сожалению, подавляющее большинство филогенетических исследований гольцов ограничивается анализом последовательностей мтДНК разной длины одного или нескольких генов. Поэтому, несмотря на достаточное число работ, к настоящему времени не удалось обобщить молекулярно-генетические данные в консенсусную филогению. Остался целый ряд филогенетических проблем, требующих решений на основе новых методов и методологических подходов.

Наша работа основана на оригинальном материале из коллекции ДНК лососевых рыб лаборатории генетики ННЦМБ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, которая использовалась для филогенетических и широких филогеографических исследований. Для определения митогеномов был разработан оригинальный подход к формированию

выборки образцов, основанный на экземплярах из мест первоописания, с преобладающим гаплотипом для таксона. Длина новых митогеномов варьировала от 16624 до 16656 пар нуклеотидов. Геномная организация была идентична типичному митогеному лососевых рыб: 37 структурных генов, которые кодируют малую (12S) и большую (16S) рибосомальные РНК (рРНК), 22 транспортные РНК (тРНК) и 13 матричных (мРНК), относящихся к четырем белок-кодирующим комплексам; два некодирующих участка *CR* (*control region*) и *OL* (*replication origin*).

Можно утверждать, что про гольцов мы теперь знаем больше, чем несколько лет назад. Филогенетические исследования узкоареальных, эндемичных и спорных таксонов гольцов, оригинальные описания большинства из которых основаны исключительно на морфологических признаках, значительно выигрывают от секвенирования митогеномов. Филогенетические деревья, построенные на основе митогеномов, имеют сходную топологию с очень высокой статистической поддержкой большинства узлов. Филогенетический анализ свидетельствует, что гольцы рода *Salvelinus*, включая *Salvethymus*, являются монофилетической группой лососевых рыб. Новые данные подтверждают, что базальная группа рода включает четыре вида – *S. fontinalis*, *S. levanidovi*, *S. leucomaensis* и *S. namaucus*, которые формируют независимые эволюционные линии. На филограммах *Sl. svetovidovi* представляет ветвь, которая дивергирует после базальной группы таксонов. Реальная степень генетической обособленности *Sl. svetovidovi*, примерно соответствует *S. curilus*. Поэтому *Sl. svetovidovi* не является древним таксоном, близким к предку рода, как первоначально предполагалось. В отличие от предыдущих реконструкций, филогения на основе митогеномов позволяет точно определить положение ветви *Salvethymus* внутри рода *Salvelinus*.

На основе новых данных уточнены филогенетические отношения Арктической, Атлантической и Сибирской линий и оценены альтернативные гипотезы, объясняющие отсутствие реципрокной монофилии *Salvelinus alpinus* для филогений рода *Salvelinus*. Получено подтверждение предложенному ранее делению на самостоятельные филогенетические линии гольца Таранца *S. taranetzi* и арктического гольца *S. alpinus*. Арктическая линия *S. taranetzi* и филогенетическая линия *S. alpinus* (*S. alpinus alpinus* и *S. alpinus oquassa*) достигли состояния реципрокной монофилии, без сохранения предкового полиморфизма. Не вызывает сомнений, что гольцы Арктической линии из Северной Америки *S. a. erythrinus* (синонимы: *S. a. stagnalis*, *S. a. taranetzi*) и Северо-Восточной Азии принадлежат к одному виду, который впервые был описан как голец Таранца *S. taranetzi* Кагановский, 1955 из оз. Аччен (Чукотка). В то же время, не подтверждается объединение североамериканских и сибирских популяций в рамках одного таксона *S.*

a. erythrinus, морфологическое сходство которых связывалось с происхождением от общего предка. На филограммах эти гольцы не формируют общий кластер и не являются сестринскими таксонами, а принадлежат к филогруппам, дивергировавшим в разное время и от разных предковых линий.

По сравнению с филогенетическими деревьями, полученными в предыдущих исследованиях гольцов рода *Salvelinus*, дерево, основанное на митогеномах, стало более устойчивым и надежным. Ранее было показано, что длинные последовательности мтДНК надежно поддерживают монофилетические группы и дивергенцию ветвей дендрограмм на высших иерархических уровнях у рыб. Наше исследование подтвердило, что митогеномы могут обеспечить адекватное разрешение противоречивых филогенетических взаимоотношений близкородственных видов гольцов. Наличие реперных митогеномов позволяет не только идентифицировать узкоареальные, эндемичные таксоны и эволюционно значимые внутривидовые группировки гольцов, но и в дальнейшем поможет тестировать случаи интрогрессивной гибридизации между ледниковыми филогенетическими линиями.

Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 20-04-00205).

ВИДЕОРЕГИСТРАЦИЯ ЭУФАУЗИИД В ПРИДОННОЙ ОБЛАСТИ ЗАЛИВА СТЕПОВОГО КАРСКОГО МОРЯ

А. Л. Оленин

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
olenin.al@ocean.ru*

В настоящее время при проведении биологических исследований в морских экспедициях получает распространение подводная фото- и видеосъемка искомым биологических объектов. Она позволяет оперативно их обнаруживать, оценивать численность и распространение. Автор приводит результаты использования разработанной им лично видеорегистрирующей аппаратуры для подводного наблюдения зоопланктона в толще воды *in situ*.

В докладе приводятся результаты регистрации цветных изображений крупного зоопланктона в придонной области зал. Степового Карского моря, выполненных в 85-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре 2021 г. Был использован зондирующий комплекс регистрации частиц для небольших глубин (до 100 м).

Состав комплекса:

- зонд
- специальная регистрирующая система
- блок связи и управления с LiFePo-аккумулятором и высокоточным датчиком глубины
- оптико-волоконная линия связи
- судовой блок
- компьютер оператора

В результате использования этой новой аппаратуры с борта НИС были обнаружены и визуально идентифицированы области повышенной концентрации планктонных рачков семейства Euphausiidae размером около 20 мм и более мелкого неидентифицированного зоопланктона в слое воды около 3 м у дна в зал. Степового при глубине станции около 30 м. Это явление носит, по-видимому, сезонный характер (осень) и требует дальнейших исследований. Приводятся фотографии аппаратуры и примеры полученных цветных изображений зоопланктона, размер кадров – 20х30 мм в воде.

Созданная аппаратура может дополнять традиционно используемые планктонные сети, так как имеет практические преимущества в компактности и оперативности зондирующей части. Она может быть использована и для более глубоководного исследования.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ЭКОСИСТЕМНОГО САМООЧИЩЕНИЯ ВОДЫ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

С. А. Остроумов¹, Г. Г. Матишов^{2,3}

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

²*Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск;*

³*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
vvtitov@yandex.ru*

Для устойчивого использования природных ресурсов морей большое значение имеет необходимость сохранения качества воды в морских экосистемах (Матишов, Титова, 2020; Matishov et al., 2020a, b).

В цикле публикаций с 2004 г. (статьи и книги) была сформулирована теория самоочищения воды в морских и пресноводных экосистемах, в которой были идентифицированы и систематизированы основные типы функциональных механизмов, участвующих в поддержании и улучшении качества воды (Остроумов, 2004, 2008, 2017; Ostroumov, 2004, 2006, 2010, 2017, 2021). Эта теория идентифицирует и выделяет следующие типы функциональных механизмов: насосы (pumps), фильтры (filters) и мельницы (mills) (Остроумов, 2004, 2008, 2017; Ostroumov, 2004, 2006, 2010, 2017, 2021). В своих последних публикациях автор теории выделяет еще некоторые другие, дополнительные типы механизмов (Ostroumov, 2021). Теория охватывает три группы процессов – физические, химические и биотические, но при этом выявляет особую роль биотических процессов, которые оказывают большое влияние и на физические, и на химические процессы. Теория подчеркивает важную функциональную роль всех основных групп организмов, входящих в состав водных экосистем.

В приложении к морским экосистемам теория позволяет четко определить ценный вклад практически всех основных крупных групп морских организмов. Среди них (приводятся только некоторые примеры): (1) бактерии – разрушение, биотрансформация, окисление загрязняющих веществ; (2) цианобактерии – разрушение, биотрансформация, окисление загрязняющих веществ, выделение в воду кислорода, выделение растворенного органического вещества (РОВ), вклад в формирование детритных частиц; (3) планктонные водоросли – разрушение, биотрансформация, окисление загрязняющих веществ, выделение в воду кислорода, оксигенация воды, выделение растворенного органического вещества (РОВ), вклад в формирование детритных частиц; (4) зоопланктон – фильтрация воды и уменьшение мутности, регуляция численности планктонных цианобактерий и водорослей, выделение пеллет и формирование детрита, рециркуляция

азота и фосфора; (5) бентосные беспозвоночные фильтраторы – фильтрация воды и удаление взвешенного органического вещества (ВОВ), удаление взвешенных в воде минеральных частиц и уменьшение мутности; (6) макрофиты – участие в оксигенации воды, вклад в образование биогенного детрита; (7) рыбающие птицы, гнездящиеся на берегах морских и эстуарных экосистем – удаление из воды биомассы рыб и тем самым удаление из водных экосистем части биогенных элементов; (8) другие водные организмы – вклад в окисление загрязняющих веществ, вклад в создание биогенного детрита, участие в фрагментации удаляемой из воды биомассы и мортмассы, вклад в регуляцию численности, обилия и функциональной активности других вышеназванных групп гидробионтов.

Необходимо отметить, что в литературе имеются количественные данные, а также биогеохимические данные о количественных оценках вышеназванных процессов, участвующих в самоочищении воды. Некоторые из количественных оценок приведены, например, в следующих работах (Ostroumov, 2006; Остроумов, 2008).

Для разработки этой теории определенное значение имели экспериментальные работы первого из соавторов этих тезисов (С.А.О.) по изучению воздействия химических загрязняющих воду веществ на организмы, участвующие в самоочищении воды. Поэтому данная теория содержит важный раздел о внешних (антропогенных) воздействиях на систему самоочищения воды.

Важным следствием этой теории, имеющим большое практическое и экономическое значение, является вывод о том, что практически все биоразнообразие водных экосистем серьезным образом задеено в механизмах и процессах самоочищения воды, а также в их регуляции. Этот вывод при кажущейся простоте имеет большое значение, поскольку он не декларируется и не является просто точкой зрения ученых, а строго и педантично доказан всем содержанием вышеизложенной теории. Из факта доказанности этого тезиса и экономической необходимости сохранения качества воды вытекают далеко идущие последствия экономического и монетарного характера, поскольку становится ясной необходимость сохранения биоразнообразия, что требует больших бюджетных вложений.

Вышесказанное является необходимым условием для решения задач устойчивого использования природных ресурсов морей России (Матишов, Титова, 2020; Matishov et al., 2020a, b).

УТОЧНЕНИЕ СРОКОВ НЕРЕСТА ЭЛЕГАНТНОГО БЫЧКА *BERO ELEGANS* (STEINDACHNER, 1881) (PISCES: COTTIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В. В. Панченко, А. А. Баланов

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

Эlegantный бычок *Bero elegans* – литоральный низкобореальный приазиатский вид, достигающий на различных участках ареала длины 15–20 см (Kim, Yoon, 1992; Amaoka et al., 1995; Choi et al., 2003). Биология этого вида исследована слабо. Известно, что ему присущ порционный нерест (Kooya et al., 1993), сведения же о времени размножения противоречивы. За пределами российских вод Японского моря сообщается о его нересте в весенний период (Amaoka et al., 1995; Choi et al., 2003), но существует мнение, что в водах Приморья, в частности в зал. Петра Великого, нерест приходится на осенне-зимний период (Новиков и др., 2002; Соколовский и др. 2011). Проведённые нами исследования позволили уточнить сроки начала и окончания нереста *B. elegans* в зал. Петра Великого.

Материал собран авторами в 2020–2022 гг. при водолазных погружениях в ходе комплексных ихтиологических работ в б. Житкова (43°01'2 с.ш., 131°55'8 в.д.) и на прилегающей акватории б. Парис, расположенных у о-ва Русский зал. Петра Великого. Работы проводили в марте–декабре в светлое время суток на различных типах грунтов на глубинах от 0.5 до 15 м один раз в неделю. При этом выполняли поиск *B. elegans*, отмечали его локализацию и проводили отлов части особей с помощью сачка. Также в дневное и ночное время осматривали прибрежную полосу и при обнаружении рыб проводили обловы сачком с берега. У пойманных особей *B. elegans* (479 экз.) измеряли длину тела *TL* и *SL*, массу тела, массу тела без внутренностей, массу гонад, определяли наполнение желудка, пол и зрелость гонад. Помимо этого, круглогодично в темное время суток на световых станциях проводили планктонные ловы, позволявшие отследить время личиночного развития.

Наблюдения за состоянием гонад самцов и самок *B. elegans* выявили, что преднерестовые и посленерестовые половые продукты встречаются у них только в апреле и мае. Мониторинг с помощью водолазных погружений позволил обнаружить начало появления отложенных кладок икры *B. elegans* характерного ярко-синего цвета во второй половине апреля. Далее икра встречались вплоть до третьей декады мая, располагаясь на каменистом грунте на глубинах около 0.5–1.5 м. Обнаружить кладки удавалось лишь при целенаправленном поиске

путем переворачивания камней, так как обычно икра была прикреплена снизу под нависающими, образующими нишу плоскими камнями. Икра в кладках имела диаметр 1.2–1.6 мм и располагалась распластанными по камню перекрывающимися пятнами. Развитие икры в различных частях кладок было сходным, что свидетельствует о том, что отложение нескольких порций прошло в короткие сроки. Кладки находились под присмотром крупных территориальных самцов. Выклюнувшиеся из кладок личинки с желточным мешком характерного синего цвета отмечались в планктоне на световых станциях со второй половины мая. Развивающиеся личинки переставали встречаться в планктоне после первой декады июня.

Наличие в весенний период у особей обоих полов *B. elegans* как зрелых половых продуктов, так и гонад в посленерестовом состоянии; нахождение в апреле – мае кладок икры, а затем и пелагических личинок свидетельствует о том, что нерест этого вида в зал. Петра Великого весенний, как и на других участках ареала.

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА РАННЕЕ
РАЗВИТИЕ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА
ERIOCHEIR JAPONICA (DE NAAN, 1835) ПРИ ИСКУССТВЕННОМ
ВОСПРОИЗВОДСТВЕ**

**А. А. Пахлеванян, С. И. Масленников, К. С. Бердасова, Т. А. Геворгян,
Л. А. Боцун**

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

Японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (de Naan, 1835) – катадромный вид, распространённый в северо-восточной части побережья Тихого океана. Мохнаторукие крабы являются ценным пищевым объектом в странах восточной Азии. Только в 2014 г. во всем мире было произведено более 790000 тонн китайского мохнаторукого краба, а 2018 г. производство мохнаторукого краба составило 8% от всех воспроизводимых ракообразных по всему миру.

На данный момент влияние температуры на развитие личинок краба изучено недостаточно и только в лабораторных условиях. Сравнительных данных, полученных при искусственном воспроизводстве, нет. Целью нашей работы было исследование влияния температуры на развитие личинок мохнаторукого краба в условиях экспериментального выращивания.

Работы проводились в летний (июль–август) сезон 2019, 2020 и 2021 гг, на Морской биологической станции «Запад» ННЦМБ ДВО РАН. Личинок краба содержали в контролируемых условиях, солёность воды изменялась в пределах 29–33.5‰. Исследовали развитие личинок при трех диапазонах температур – 17–20°C, 19–24°C и 22–25°C. Кормили личинок коловраткой *Brachionus plicatilis*, 1–2-суточными науплиями *Artemia salina* с добавлением микроводорослей.

При температурном диапазоне 17–20°C полное развитие до осевшей молодежи составляло 35 сут, при диапазоне 19–24°C – 28 сут, и при диапазоне 22–25°C – 21 сут. При температурном диапазоне 17–20°C каждая стадия зоеа развивалась 5–6 сут, при диапазоне 19–24°C – 4–5 сут, а при диапазоне 22–25°C – 2–3 сут.

Результаты данного исследования показали, что раннее развитие японского мохнаторукого краба при искусственном воспроизводстве непосредственно зависит от температуры воды и чем она выше, тем быстрее происходит процесс развития, что сопоставимо с уже имеющимися данными лабораторных исследований.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РНФ № 21-74-30004 «Разработка современных подходов к созданию технологий

устойчивого культивирования и воспроизводства ценных морских гидробионтов» (рук. Долматов И.Ю.).

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*) ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ И ОСТРОВА ИТУРУП

О. А. Пильганчук, У. О. Муравская, В. В. Савенков

*Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО),
г. Петропавловск-Камчатский
Pilganchuk.o.a@kamniro.ru*

Нерка – многочисленный, сложно-структурированный вид тихоокеанских лососей. Вид характеризуется ярко выраженным «хomingом» (возвращение на нерест в родные водоемы), наличием сезонных и экологических форм. Одним из важных мест воспроизводства нерки на Дальнем востоке России является побережье Охотского моря и Курильские острова. Значительные различия природных и климатических условий на исследуемой части ареала оказывают влияние на формирование популяционно-генетического своеобразия различных локальных стад. Новые сведения о генетическом разнообразии и внутривидовой структуре расширят знания о биологии вида, будут полезны для оценки запаса, составления прогноза и регулирования промысла.

В работе проанализировано 28 выборок производителей нерки (1282 экз.), отобранных на нерестилищах бассейнов рек охотоморского побережья – Озерная, Голыгина, Опала, Кихчик, Большая, Большая Воровская, Палана, Охота, Ола и озера Красивое на о-ве Итуруп. Генетическая структура и дифференциация популяций исследованы с использованием семи микросателлитных локусов: *Ok1a*, *Ok1b*, *Ok1b* (Smith et al., 1998), *Ots107* (Nelson, Beacham, 1999), *OtsG68* (Williamson et al., 2002), *One104*, *One109* (Olsen et al., 2000). Основные генетические показатели выборок были получены с помощью статистических программ GDA (Lewis, Zaykin, 2001), GENEPOP 4.7 (Raymond, Rousset, 1995), FSTAT 2.9.3 (Goudet, 1995). В программном приложении Cervus 3.0.7 рассчитывали показатель уровня полиморфизма *PI*C (Gruber, Adamack, 2015). Байесовский анализ был выполнен в программе STRUCTURE 2.3.4. (Pritchard et al., 2000). В программе BOTTLENECK 1.2.02 (Piry et al., 1999) с использованием трех тестов определяли прохождение популяциями фазы низкой численности («горлышко бутылки»). Было проверено три модели: пошаговая (SMM), бесконечного числа аллелей (IAM) и двухфазная (TMM), для которой было задано, что 90% мутаций приходится на пошаговые.

Все исследованные микросателлитные локусы были полиморфны. Всего в семи локусах выявлено 80 аллелей. Минимальное число аллелей

(6) обнаружено в локусе *Ok1a*, максимальное (25) в локусе *One104*. Исходя из полученных значений показателя уровня полиморфизма (*PI*), наиболее информативен локус *One104* (0.906), наименее *Ots107* (0.251). В среднем по всем локусам *PI* составил 0.526, что свидетельствует о значимой информативности микросателлитов, отобранных для проведения исследования. Отклонения от равновесия Харди-Вайнберга зафиксированы в трех локусах – *Ots107*, *Ok1a* ($p < 0.01$) и *One104* ($p < 0.001$). Значения средней ожидаемой гетерозиготности (*He*) и аллельного разнообразия (*Ar*) в выборках варьировали от 0.476 до 0.606, и от 3.33 до 15.39, соответственно. Среднее значение индекса фиксации (*F*) составило 0.018. Недостаток гетерозигот ($F = 0.221$) отмечен в выборке р. Ола и незначительный избыток ($F = -0.093$) в р. Выченкия (бассейн р. Озерная).

Показатель межпопуляционной дифференциации (θ_{st}), в среднем, по семи локусам составил 4.14% и оказался статистически значимым (95% бутстреп-интервал положительный, нижняя граница — 3.34, верхняя — 4.60). Генетические расстояния Нея находились в пределах от 0.008 (между выборками из р. Хакьцин (бассейн озера Курильское) и РУЗ (бассейн озера Курильское) до 0.336 (между выборками озера Красивое и поздней формой озера Начикинское). В результате тестирования популяций с помощью программы BOTTLENECK 1.2.02 было показано наличие «горлышка бутылки» во всех исследованных локальностях. Для пяти популяций тесты показали «горлышко бутылки», исходя только из мутационной модели IAM, для двух популяций, исходя только из моделей SMM, и для двадцати по двум моделям – SMM и TPM.

В результате проведенного исследования генетической дифференциации в программном пакете STRUCTURE 2.3.4. показано, что наибольшее значение ΔK соответствовало семи кластерам. Таким образом, проанализированные выборки нерки бассейна Охотского моря и о-ва Итуруп образуют, как минимум, семь генетически обособленных группировок: 1) комплекс популяций озера Курильское; 2) популяции речной (реофильной формы) бассейнов рек Большая, Голыгина, Опала и Кихчик; 3) популяция озера Начикинское (позднего времени хода); 4) популяции озера Начикинское (раннего времени хода) и р. Большая Воровская; 5) популяции рек Палана и Охота; 6) популяция р. Ола; 7) популяция озера Красивое.

МНОГОЛЕТНЯЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВ РОДА *SKELETONEMA* (BACILLARIOPHYTA) В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

А. А. Пономарева¹, О. Г. Шевченко^{1, 2}

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

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток
anna_andreevna7@mail.ru

Род *Skeletonema* Greville, известный как космополитичный, наряду с *Chaetoceros* и *Thalassiosira* является важнейшей составляющей фитопланктона прибрежных вод умеренных и тропических морей. В российских водах Японского, Охотского и Берингова морей в летне-осенний период род составляет основу численности и биомассы фитопланктона, а также вызывает цветение в прибрежной зоне. В северо-западной части Японского моря изучены морфология и экология видов рода *Skeletonema*, а также особенности их развития в лабораторной культуре. Сведения о сезонной динамике видов и их количественных характеристиках, о роли видов *Skeletonema* в сообществе в данной акватории отсутствуют.

В работе представлены результаты исследования полевых сборов на станциях, расположенных в Амурском заливе (1996–1998, 2004–2015 гг.) и в б. Парис (2013–2019 гг.). Изучение количественных данных полевых сборов, идентификация с помощью электронной микроскопии, выделение лабораторных клонов показало, что в планктоне северо-западной части Японского моря виды рода *Skeletonema* присутствуют круглогодично. Всего было отмечено 5 видов рода: *S. costatum*, *S. dohrnii*, *S. japonicum*, *S. marinoi* и *S. menzelii*. Для российских морей вид *S. menzelii* отмечен впервые.

Регулярный мониторинг фитопланктона в районе исследования проводился с начала 1990-х годов. По литературным данным, в 1991 г. зарегистрированы цветения воды, вызванные массовым развитием *Skeletonema costatum* s.l. при численности 8×10^6 кл./л – 12×10^6 кл./л. По нашим данным, мощная вспышка численности видов рода *Skeletonema* отмечена в 1996 г.

Годовая динамика плотности видов рода в течение года была неравномерной, наибольшей плотности род *Skeletonema* достигал в летне-осенний период, виды рода определяли пики плотности фитопланктона, их доля составляла от 20 до 99% от общей плотности микроводорослей. За весь период наблюдения плотность видов рода изменялась от 20 кл./л (апрель 1997 г.) до 12.7×10^6 кл./л (июль 1996 г.).

Динамика цветений воды в течение года, обусловленных массовым развитием *Skeletonema* spp., характеризовалась одним–тремя пиками. Так, однократное цветение в год регистрировали в 2007 г. (август), 2008 г. (июль), 2012 г. (сентябрь), двукратное – в 2019 г. (июль, октябрь), трехкратное – в 1996 и 1997 гг. (июль, август, октябрь). Во время многократного цветения воды, вызванного массовым развитием *Skeletonema* spp., летняя вспышка плотности рода превосходила осеннюю.

Исследование вертикального распределения *Skeletonema* spp. в период массового развития в планктоне показало, что в конце 1990-х годов существенную долю сообщества виды рода составляли в приповерхностном горизонте, с глубиной доля видов снижалась. В 2013–2015 гг., представители *Skeletonema* доминировали в фитопланктоне на горизонтах 2 и 5 м, у поверхности доля видов была ниже.

Многолетний тренд количественной динамики показал уменьшение пиков плотности *Skeletonema* и фитопланктона с 1996 г. (12.7×10^6 кл./л) к 2018 г. В 2019 г. вновь было зарегистрировано цветение воды, вызванное массовым развитием *Skeletonema* spp. (4.2×10^6 кл./л).

Анализ долговременной сезонной динамики показал, что цветения, обусловленные *Skeletonema* spp., отмечали в исследуемом районе только в летне-осенний период. В июле–августе в массе развивалась *S. dohrnii*, в октябре – *S. japonicum*. Отличительной особенностью динамики *Skeletonema* в умеренных водах морей Атлантики, по данным литературы, является зимне-весеннее цветение микроводорослей, вызванное *S. marinoi*. В умеренных водах Тихого океана весеннее цветение воды обуславливает *Skeletonema* sp. cf. *marinoi-dohrnii* комплекс и *S. japonicum*. В северо-западной части Японского моря виды рода *Skeletonema* в зимне-весенний период никогда не бывают доминирующими и вызывающими цветение воды. Вероятно, ограничительным фактором массового развития *Skeletonema* spp. в районе исследования служат низкая температура воды – ниже 0°C , и ледяной покров, ухудшающий освещенность.

В районе исследования был отмечен тренд снижения численности *Skeletonema* spp. с 1990-х к концу 2010-х годов. Долгосрочное уменьшение численности *Skeletonema* spp. наблюдали на фоне общего падения численности фитопланктона. Схожие тенденции в многолетней динамике фитопланктона в 1990–2010 гг. отмечены в морских и пресных водах умеренной зоны, тренд уменьшения численности микроводорослей в большей степени связан с глобальными изменениями факторов среды. В тоже время, в 2019 г. в северо-западной части Японского моря было вновь отмечено цветение воды, вызванное массовым развитием видов рода *Skeletonema*.

Очевидно, что для получения фундаментальных знаний по биологии отдельных видов, понимания механизмов взаимодействия

компонентов в сообществе необходимо накопление долгосрочных непрерывных наблюдений видового состава и динамики количественных параметров фитопланктона, параметров среды на определенной акватории. Понимание долговременных изменений в природных сообществах даст возможность предсказывать тренд их развития в изменяющихся климатических и биотических условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ ОБОСОБЛЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ НА ОСТРОВЕ ПОПОВА

О. А. Поньрко

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

oksana.ponyrko@tinro-center.ru

Ламинария (*Saccharina japonica*) является ценным сырьем для производства продуктов питания, фармации, служит основой биоценозов в прибрежье. В настоящее время на некоторых прибрежных участках Приморья маточные слоевища отсутствуют или находятся в разреженном состоянии, что негативно сказывается на самовосстановлении полей ламинарии в тех объемах, которые наблюдались в предыдущие годы. В связи с этим, актуальной становится задача разработки способов восстановления полей этой водоросли в традиционных местах обитания методами марикультуры.

В 2019–2021 гг. проводились первые работы по выращиванию рассады ламинарии японской в заводских условиях в обособленном подразделении марикультуры на о-ве Попова. Способ выращивания рассады ламинарии заключается в стимуляции маточных слоевищ, получении зооспор, которые оседают на субстрат и растут до многоклеточных спорофитов в заводских условиях. Затем рассаду переносят в море для дальнейшего подращивания до товарных размеров.

В прибрежной зоне Приморского края спороносная ткань у ламинарии становится зрелой в период с августа по ноябрь, в зависимости от района и температурных условий года. В начале апреля, для стимулирования созревания спороносной ткани, маточные слоевища на подвесных плантациях размещали в поверхностном слое воды, наиболее богатом по содержанию питательных элементов и с наиболее интенсивным освещением, что способствует фотосинтезу.

В конце августа – начале сентября, при отборе ламинарии для получения рассады, нужно тщательно проанализировать маточные слоевища. Анализируют длину, ширину, цвет и спороносную ткань (площадь и стадию зрелости). Чем больше по площади спороносная ткань, тем больше можно получить зооспор. Для выращивания рассады в заводских условиях, с подвесных плантаций отбирают маточные слоевища со средней длиной 153 ± 0.2 см, шириной 25 ± 0.08 см, толщиной 5.2 ± 0.04 мм, на пятой стадии зрелости спороносной ткани (Крупнова, 2008). Проводится предварительная подсушка слоевищ в затененном, хорошо проветриваемом месте.

В заводских условиях, для выхода зооспор маточные слоевища опускают в бассейн с подготовленной водой температурой 14°C. После выхода зооспор в воду, размещают рамки с субстратами. Рамки-субстраты подготавливают заблаговременно, для этого необходимы рамки из нержавеющей стали, на которые наматываются капроновые нити. Перед оспориванием рамки замачивают в бассейнах, просушивают и стерилизуют ультрафиолетовыми лучами.

Термостатирование воды, освещение и введение питательной среды создают благоприятные условия для роста микроскопических стадий, спорофиты через 30 сут вырастают до жизнестойкой рассады. Рассаду пересаживают на подвесную плантацию и доращивают до товарной продукции. Через шесть мес, в апреле, ламинария достигает длины 155.7 см, в то время как в естественных условиях длина слоевища варьирует от 25 до 50 см. В конце мая заводская ламинария достигает длины 210–220 см. Урожай, полученный при выращивании заводской рассады, рекомендуется собирать с конца мая до наступления высоких температур (22°C), при которых происходит разрушение слоевищ.

Преимуществом использования заводских методов является то, что рассаду ламинарии (многоклеточные спорофиты) можно получать за 30 сут, а товарную продукцию из нее – уже на первом году выращивания. В природе процесс от момента выхода зооспор до формирования многоклеточных спорофитов, занимает 5–6 мес и товарную продукцию можно получить только на втором году выращивания.

СТРУКТУРА МИТОГЕНОМА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ И СИСТЕМАТИКА ПРАВСТОРОННИХ КАМБАЛООБРАЗНЫХ РЫБ СЕМЕЙСТВА PLEURONECTIDAE В ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

А. Д. Редин, Ю. Ф. Картавец

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского,
г. Владивосток
shurko92@yandex.ru*

Семейство правосторонних камбал Pleuronectidae (Osteichthyes, Carangiformes) – основной объект данного исследования, является одним из крупнейших семейств в подотряде Pleuronectoidei (ранее отряд Pleuronectiformes) и включает 59 номинальных видов. Представители семейства распространены в морских водах Северного полушария (Keast, Charleau, 1988; Cooper, Charleau, 1998). Купер и Чаплау (1998) рассматривали семейство Pleuronectidae как монофилетический таксон на основании десяти синапоморфий в морфологических признаках. Хотя в предыдущих исследованиях предпринимались попытки классифицировать камбалообразных с помощью различных подходов – морфологического, анатомического, цитологического, хромосомного и молекулярно-генетического, консенсус для таксономии этих рыб все еще не найден. В представляемой работе авторы хотели бы пролить свет на систематику этого семейства камбаловидных рыб на основе молекулярно-генетического подхода.

В данной работе впервые представлено исследование полной последовательности митохондриального генома (митогенома) желтополосой камбалы *Pseudopleuronectes herzensteini* и звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (Pleuronectoidei: Pleuronectidae). Размер генома желтополосой камбалы составил 16 845 пар нуклеотидов. Он включал 13 белок-кодирующих генов, 22 гена тРНК, гены 12S и 16S рРНК и контрольный регион (КР, CR). Состав и расположение генов сходны с таковыми у других костистых рыб, включая второй полученный митогеном – звездчатой камбалы *P. stellatus*. Частота встречаемости А, С, G и Т в митогеноме *P. herzensteini* составляет 27, 29.2, 17.6 и 26.2%, соответственно. Соотношение комплементарных нуклеотидов в митогеноме этого и других видов семейства составило А+Т:G+C (53.2:46.8%) и существенно не отклонялось от ожидаемой равновесной пропорции 1:1. Представление в глобальную базу данных двух новых митогеномов вместе с 106 проанализированными последовательностями из GenBank внесет вклад в филогенетические исследования камбалообразных на уровне семейства и подотряда. На основе 26 и 108 нуклеотидных последовательностей белок-кодирующих генов исследована молекулярная филогения камбаловых рыб для двух наборов

митогеномов, включая представителей семейства Pleuronectidae и подотряда Pleuronectoidei. Филогении, полученные посредством 4–6 методов мультигенных реконструкций, поддерживают монофилию семейства Pleuronectidae с высокой статистической достоверностью, однако выводы относительно филогенетики на уровне подотряда требуют дальнейшего изучения. Полученные результаты выявили парафилетические и слабо поддерживаемые ветви, которые особенно многочисленны на уровне подотряда. Таким образом, существует очевидная потребность в таксономических ревизиях внутри подотряда и, в меньшей степени, внутри семейства.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ГОЛОТУРИЙ МАССИВА ВУЛКАНОЛОГОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ТРОФИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

С. А. Родькина¹, С. И. Кияшко¹, В. В. Мордухович^{1, 2}

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

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
nscmb-conference@mail.ru

Голотурии являются одним из основных компонентов глубоководного мегабентоса, часто образуя значительные по численности и биомассе скопления, при этом на разных глубинах доминируют разные виды. Ключевыми факторами, определяющими особенности пространственного распределения голотурий, могут быть их пищевые стратегии, а также количество и качество доступной пищи. Используя метод трофических маркеров – анализ состава жирных кислот (ЖК) и соотношений стабильных изотопов азота и углерода, были изучены трофические предпочтения четырех массовых видов глубоководных голотурий (*Paelopatides* sp., *Pannychia henrici*, *Psolidium* sp. и *Scotoplanes kurilensis*) на массиве Вулканологов на глубинах от 984 до 3395 м. Пространственное распределение голотурий зависит от их трофических предпочтений. Чем больше глубина, тем в большей степени будет переработано поступающее на дно органическое вещество фотосинтетического происхождения. С увеличением глубины должно происходить изменение качества потребляемой голотуриями пищи. В поступающей пище должно происходить уменьшение высоколабильных полиненасыщенных ЖК (ПНЖК) и увеличение $\delta^{15}\text{N}$, что находит отражение в значениях этих показателей для голотурий.

Значения $\delta^{13}\text{C}$ в тканях всех четырех видов варьировали незначительно (от -16.25 до -16.63‰) и были существенно выше значений в органическом веществе осадка (в среднем -21.57‰), что свидетельствует об использовании всеми видами органического вещества сходного (фотосинтетического) происхождения. Значения $\delta^{15}\text{N}$ (10.12–12.91‰) были также значительно выше, чем в осадке (в среднем на 4.39‰). Наименьшее среднее значения $\delta^{15}\text{N}$ отмечено для наиболее глубоководного вида (*S. kurilensis*), а наибольшее – для наименее глубоководного (*Psolidium* sp.).

По составу ЖК все виды достоверно различались ($p < 0.05$). *Psolidium* sp. отличался самым высоким содержанием насыщенных ЖК (45.5%) и низким содержанием ПНЖК (18.7%). У оставшихся видов преобладали ПНЖК (>35%). Главные ПНЖК были сходными у всех четырех видов (20:5n-3, 22:6n-3, 20:4n-6), но их соотношения

различались. Анализ состава ЖК подтверждает фотосинтетическое происхождение органического вещества в питании всех исследованных видов. При этом для *Psolidium* sp. важную роль в питании играют бактерии, на что указывает высокий уровень бактериальных маркеров в общих липидах *Psolidium* sp. (около 30%). Высокий уровень 20:4n-6 может свидетельствовать о значительном вкладе простейших в питание *P. henrici*. В то же время *Paelopatides* sp. и *S. kurilensis* характеризуются высоким содержанием 20:5n-3 и высоким значением отношения 20:5n-3/20:4n-6. Эти два вида в своем рационе больше полагаются на свежий фитодетрит. Наша главная гипотеза об уменьшении доли ПНЖК с глубиной в результате снижения качества и количества пищи не подтвердилась. В условиях высокой продуктивности поверхностных вод даже на самых больших глубинах достаточно свежего фитодетрита для поддержания необходимого уровня ПНЖК.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ
(*GASTEROSTEUS ACULEATUS*) БЕЛОГО МОРЯ МЕТОДАМИ
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

*А. Ю. Рольский¹, Т. С. Иванова², М. В. Иванов², А. С. Демчук²,
Д. Л. Лайус²*

¹*Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича
(ПИНРО), г. Мурманск;*

²*Санкт-Петербургский университет, г. Санкт-Петербург
rol-lex@mail.ru*

Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* в настоящее время является наиболее многочисленным видом рыб в Белом море, и, таким образом, в значительной степени определяет облик всей экосистемы водоема. Соотношение полов является важнейшей популяционной характеристикой и может играть большую роль в динамике популяции, которая очень выражена у колюшки в Белом море.

Колюшка характеризуется хромосомным определением пола, и при рождении в популяции обычно наблюдается равное соотношение полов. Вместе с тем, во многих выборках производителей этого вида в Белом море регулярно отмечается соотношение полов примерно 2:1 в пользу самок (Golovin et al., 2019). Для объяснения этого явления были предложены следующие гипотезы: (i) особенности пространственного распределения производителей на нерестилищах при равном соотношении полов в популяции в целом; (ii) переопределение пола рыб в онтогенезе; (iii) наличие гиногенеза; (iv) повышенная смертность самцов (Артамонова и др., 2021). В последнее время накапливается все больше данных, которые указывают на то, что объяснение численного преобладания самок в выборках производителей беломорской колюшки следует искать именно в рамках гипотезы о повышенной смертности самцов (Артамонова и др., 2021).

В настоящем исследовании были изучены 4 выборки колюшки (по 50 рыб в каждой), отловленных у Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря в августе 2020 г., в период, когда подростки, родившиеся в июне–июле, покидают прибрежную зону. Общая длина тела рыб составляла 20–25 мм. Поскольку у неполовозрелых особей колюшки половой диморфизм явно не выражен, соотношение полов в выборках определяли с помощью тестирования полоспецифических последовательностей ДНК. Для определения генетического пола выполнено тестирование двух локусов: Ga1, длина последовательности которого различается в X- и Y-хромосомах, и Ga2, который имеется только в Y-хромосоме (Griffiths et al., 2000). Кроме того, с целью

сравнения результатов использования разных генетических маркеров, дополнительно был изучен микросателлитный локус *Gac4202*. В этом локусе у самцов на Y-хромосоме имеются две вставки, тестирование которых позволяет надежно различать самок и самцов трехиглой колюшки (Bakker et al., 2017).

Результаты сравнения разных генетических маркеров (локусы *Ga1*, *Ga2* и *Gac4202*), показали, что для надежного тестирования пола трехиглой колюшки достаточно использовать только один из маркеров. В будущем это существенно сократит время выполнения анализа.

Результаты генетического определения пола показали, что соотношение полов молоди беломорской колюшки с прибрежных станций не отклонялось от 1:1. В выборке из открытой части Белого моря наблюдалось достоверное (тест Хи-квадрат, $p=0.047$) преобладание самок. Полученные данные согласуются с ранее выявленной особенностью, согласно которой сдвиг в соотношении полов в пользу самок у беломорской трехиглой колюшки происходит у поздних сеголеток еще до наступления половой зрелости рыб (Артамонова и др., 2021). Это говорит о том, что высокая посленерестовая смертность самцов колюшки, связанная с повышенными энергозатратами в нерестовый период из-за охраны потомства (Golovin et al., 2019), является не единственной причиной смещения соотношения полов в сторону самок у беломорской трехиглой колюшки.

**БИОТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА МОРСКИХ ВОД И
РАСТВОРЕННЫХ В НИХ ТОКСИКАНТОВ**

**И. И. Руднева¹, В. А. Терехова², К. А. Кыдралиева³, А. А. Поромов²,
А. И. Парамонова⁴, В. Г. Шайда⁵**

¹Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва;

³Московский авиационный институт, г. Москва;

⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва;

⁵ООО Экосервис-А, г. Москва
svg-41@mail.ru

Для анализа качества морских вод в районе Севастополя были выбраны экспериментальные полигоны в бухтах, различающихся уровнем антропогенного воздействия, и применены разнообразные методы их биотестирования. Для оценки токсичности использовали стандартные тест-культуры гидробионтов, в частности представителей ракообразных (*Artemia salina*, *Ceriodaphnia affinis*) и ранние онтогенетические стадии прибрежных черноморских рыб (собачка желто-красная *Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814), атерина *Atherina* sp.). На основании проведенных экспериментов была выявлена разнокачественность прибрежных вод Черного моря в районе Севастополя как по гидрохимическим параметрам, так и по результатам биотестирования, основными причинами которой являются природные факторы (сезонность, специфика течений, географическое расположение тестируемых акваторий) и антропогенное влияние, которое выразилось в особенностях прибрежной инфраструктуры (наличие предприятий, энергетических комплексов, мидийной фермы, стоянки кораблей и яхт и т.д.). Результаты гидрохимических исследований были подтверждены данными биотестирования вод на артемии, где в качестве показателя была выбрана доля вылупившихся личинок из цист, а также выживаемость науплиев.

Учитывая все возрастающее загрязнение морской среды фармпрепаратами, были проведены экспериментальные работы по влиянию модельных токсикантов, как широко распространенных в морской среде, так и «новых», в частности антибиотиков, биологические эффекты которых мало изучены. Анализ влияния тетрациклина и ампициллина на морских и пресноводных гидробионтов выявил неоднозначные эффекты, зависящие от концентрации препаратов в среде и времени воздействия. При этом малые концентрации тетрациклина оказывали стимулирующий эффект на выживание артемии и вылупление

ее личинок, тогда как высокие угнетали эти процессы. Сходные эффекты были подтверждены при исследовании эмбриогенеза собачки желто-красной. Антибиотик стимулировал выклев личинок, но при этом снижалась их дальнейшая выживаемость. Негативное действие антибиотика также отразилось на снижении выживаемости личинок атерины, что может быть связано как с изменением физико-химических свойств среды инкубации, так и с повреждающим действием на жизненные функции ранних онтогенетических стадий рыб. Изучение комбинированного действия антибиотиков и растворенного органического вещества (РОВ) на экологические характеристики гидробионтов показали, что лигногумат в пресной воде негативно влиял на ракообразных *C. affinis*, но при этом как по отдельности, так и в комбинации с антибиотиками приводил к снижению смертности *A. salina* в морской воде. Результаты проведенных исследований позволили развить и усовершенствовать методы определения качества морской среды с помощью биотестирования на организмах, относящихся к разным таксонам, что важно для «новых токсикантов», в частности фармпрепаратов, концентрация которых нарастает в природных средах, особенно в связи с последними эпидемиологическими событиями.

СООБЩЕСТВА МЕТАНОВЫХ ВЫХОДОВ КОРЯЖСКОГО СКЛОНА БЕРИНГОВА МОРЯ

*Е. И. Рыбакова¹, Е. М. Крылова¹, В. В. Мордухович^{2,3}, С. В. Галкин¹,
И. Л. Алалыкина², И. С. Смирнов⁴, Н. П. Санамян⁵, И. О. Нехаев⁶,
Г. М. Виноградов¹, В. А. Шилов², А. А. Прудковский⁷, Е. В. Колпаков⁸,
А. В. Гебрук¹, А. В. Адрианов²*

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;*

²*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток;*

³*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;*

⁴*Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург;*

⁵*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский;*

⁶*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-
Петербург;*

⁷*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва;*

⁸*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),*

г. Владивосток

gorolen@mail.ru

Сообщества метановых выходов на Коряжском склоне Берингова моря (~61° с.ш.) на глубинах от 400 до 700 м были открыты в 2018 г. во время 82-го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» с использованием телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) «Команч-18». На сегодняшний день это самые северные сообщества на основе хемосинтеза в Тихом океане и самое северное местонахождение хемосимбиотрофных двустворчатых моллюсков плиокардиин (Vesicomysidae, Pliocardiinae), облигатных для восстановительных условий.

Глубины, на которых обнаружены метановые выходы, представляют особый интерес в связи с тем, что на этих горизонтах предполагается переход между типичными «мелководными» и «глубоководными» сообществами восстановительных биотопов. Границу между ними определяют примерно по изобате 200 м, поскольку, начиная с этих глубин, в сообществах, основанных на хемосинтезе, значительно возрастает доля облигатных для восстановительных условий таксонов, повышается их ранг, а также наблюдается доминирование хемосимбиотрофных видов (Tarasov et al., 2005; Dando, 2010). Основным фактором, обуславливающим существование этой границы, считается

изменение с глубиной соотношения роли органического вещества фотосинтетического и хемосинтетического происхождения.

Помимо глубины, на сообщества восстановительных биотопов оказывают влияние геологические и геохимические факторы, такие как концентрации восстановленных соединений, кислорода, тяжелых металлов, тип субстрата и пр. На Корякском склоне многие из этих параметров заметно различаются в исследованном диапазоне глубин, что, наряду с самим фактором глубины, может иметь дополнительный эффект.

Нами исследован видовой состав и структура сообществ макрофауны метановых выходов и окружающих их фоновых бентосных сообществ на трех горизонтах: 400–402, 417–429 и 647–695 м. Материал собирали с помощью различных пробоотборников, установленных на подводном аппарате, а также использовали фото- и видеоматериалы, полученные во время погружений ТНПА.

Всего в районе исследования выявлено 335 видов макрофауны. Сообщества метановых выходов на максимальных глубинах (647–695 м) отличались наибольшим числом видов (265), относительно высокой выравненностью структуры и сильной вариабельностью состава и структуры в пространстве. В более мелководных сообществах метановых выходов (400–429 м) число видов было в 8 раз меньше (33–34). Они характеризовались низкой выравненностью структуры и низкой вариабельностью состава и структуры. Число видов в фоновых сообществах на всех горизонтах было примерно одинаковым (66–72 вида).

На наибольших глубинах в сообществах метановых выходов доминирующим видом мегафауны был хемосимбиотрофный моллюск *Calyptogena pacifica*. Офиура *Ophiophthalmus normani*, наиболее многочисленная в окружающих фоновых сообществах, в сообществах метановых выходов встречалась изредка. В более мелководных сообществах метановых выходов доминировали фоновые виды мегафауны, а *C. pacifica* наблюдалась единично. Так, в диапазоне глубин 417–429 м ключевую роль играл морской еж *Brisaster latifrons*, причем плотность поселения ежей на бактериальных матах в 4 раза превышала плотность их поселения на фоновых осадках. На глубине 400–402 м доминантом выступала актиния *Sagartiogeton californicus* с плотностью в пределах бактериального мата в 10 раз ниже, по сравнению с фоновыми осадками.

На глубинах 647–695 м в районах метановых выходов обнаружено 4 хемосимбиотрофных вида двустворчатых моллюсков – *C. pacifica*, *Phreagena soyoae*, *Acharax johnsoni* и *Thyasira* sp., в то время как на меньших глубинах отмечена только *C. pacifica*. При этом потенциально облигатные для сообществ восстановительных биотопов виды полихет из

родов *Neosabellides* и *Ophryotrocha* встречались в сообществах метановых выходов на всех глубинах.

Таким образом, видовой состав сообществ метановых выходов отчасти отражает видовой состав фоновых сообществ на соответствующих глубинах, который, в свою очередь, меняется с глубиной. Кроме того, с увеличением глубины в сообществах метановых выходов наблюдалось увеличение разнообразия и обилия хемосимбиотрофных видов, что, вероятно, связано с возрастанием в направлении больших глубин роли хемосинтеза как источника органического вещества. С глубиной увеличивалось видовое богатство и вариабельность состава и структуры сообществ. Эта закономерность могла определяться разностью геохимических условий в биотопах метановых выходов на разных глубинах. Более высокое видовое богатство, выравненность и вариабельность структуры сообществ на больших глубинах могут быть обусловлены неоднородностью условий обитания, вызванных развитием карбонатных корок и массовых поселений моллюска *S. pacifica*. На меньших глубинах наблюдались обширные и плотные бактериальные маты и значительно более высокие концентрации метана в придонном слое воды. Данный факт может свидетельствовать о более токсичных условиях обитания фауны, что, по-видимому, и сказалось на меньшем видовом богатстве и выравненности в сообществах метановых выходов этих глубин. Кроме того, на меньших глубинах отсутствовали карбонатные корки и обширные поселения калиптоген. Гетерогенность среды, таким образом, была ниже и, как следствие, вариабельность сообществ в пространстве также была низкой. Отсутствие массовых поселений калиптоген на малой глубине, по-видимому, связано с близостью этого горизонта к верхней границе их вертикального распространения. Причины же отсутствия на малой глубине карбонатных корок пока не установлены.

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (13.1902.21.0012, контракт № 075-15-2020-796).

**АДАПТАЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПИНГВИНОВ ГУМБОЛЬДТА
(*SPHENISCUS GUMBOLDTI*) В ПРИМОРСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ –
ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
МОРСКОЙ БИОЛОГИИ ИМ. А.В. ЖИРМУНСКОГО ДВО РАН**

М. А. Сабуцкая, О. Д. Демина, Д. А. Рогашевская

*Приморский океанариум – филиал Национального научного центра
морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток
sabutskaya89@mail.ru*

Пингвины Гумбольдта (*Spheniscus gumboldti*) легко адаптируются к искусственным условиям, достаточно неприхотливы в содержании и имеют устойчивый иммунитет по сравнению с субантарктическими видами. В России пингвины Гумбольдта представлены лишь в нескольких крупных зоопарках и океанариумах: в Московском зоопарке (г. Москва), в городском парке флоры и фауны «Роев ручей» (г. Красноярск), в Парке «Воробьи» (Калужская область, Совхоз Победа), в Океанариуме (г. Самара), в Большом Сочинском дельфинарии (г. Сочи).

Для успешного содержания пингвинов в Приморском океанариуме предусмотрено два комплекса помещений (пингвинария) – в научно-адаптационном корпусе (НАК) и в главном корпусе. В обоих помещениях поддерживаются установленные регламентом климатические условия: температура воды +10–13°C, температура воздуха +14–17°C. Они оснащены бассейнами и береговыми линиями для свободного размещения птиц и их потомства. В обоих корпусах оборудованы отдельные комнаты для изоляции или карантинирования пингвинов.

Приморский океанариум оснащен современными установками, позволяющими очищать и обеззараживать воду и воздух в помещении для содержания птиц. Перед подачей в вольер воздух проходит фильтры тонкой очистки, а также обеззараживается системой УФ-ламп. Все помещения для содержания и изоляции пингвинов имеют стационарные рециркуляторные бактерицидные облучатели, рассчитанные на применение в присутствии людей. Очистка и фильтрация воды происходит с помощью нескольких установок: песочного фильтра (задерживает частицы более 0.4–0.8 мкм), флотатора и озонной колонки (повторное обеззараживание циркулирующей воды). Ежедневно производится замер температуры воздуха и воды в вольере, а также контролируются основные гидрохимические и микробиологические показатели.

Пингвины Гумбольдта прибыли в Приморский океанариум из Чешской Республики в две поставки – в феврале и декабре 2018 г. В феврале прибыли 6 особей (3 самки и 3 самца в возрасте 7–20 мес), в декабре 8 особей (4 самки и 4 самца в возрасте 8–12 мес). На период

карантина птицы были размещены в пингвинирии НАК, где общая площадь вольера (59 м^2) меньше, чем в пингвинирии главного комплекса Приморского океанариума (158.48 м^2). Сразу после прибытия птицы были взвешены, и на крылья для облегчения идентификации были надеты хомуты разных цветов. После периода адаптации птиц идентифицировали по индивидуальному рисунку черных перьев на животе.

Результаты ежедневных наблюдений за птицами записываются в обязательные журналы и в электронную базу данных, что позволяет составлять статистику по различным жизненным показателям: динамике веса птиц, срокам и схеме линьки, срокам насиживания яиц в кладке, особенностям питания и поведения.

Птицы начали питаться самостоятельно на вторые сутки после поселения в вольер НАК. Рацион пингвинов обычно составляет мелкая рыба – мойва и корюшка, пингвины едят ее целиком. Кормление птиц производилось на основе требований специально разработанного специалистами регламента по кормлению пингвинов Гумбольдта. При составлении рациона учитывалось физиологическое состояние животного, например, линька и период размножения, и исходя из этого, различная потребность в количестве поедаемого корма.

Первоначально рыбу предлагали 4 раза в сутки с интервалом около 2–3 ч. Это было связано с низкой пищевой активностью, неизбежно вызванной транспортировочным стрессом. На вторые сутки пингвины съедали в среднем по 750 г, что считается нормой для взрослой особи. Вместе с рыбой птицы начали получать витамины, а также противогрибковый препарат. На девятые сутки количество кормлений сократили до трех в сутки. После прохождения адаптационного периода в июне 2018 г. пингвины первой партии были переведены в комплекс помещений главного корпуса Приморского океанариума. На первые сутки после перевода аппетит птиц был снижен, каждая особь съедала около 500 г рыбы. На третьи сутки пингвины съедали свою среднюю дневную норму. Полноценное освоение вольера длилось в течение полугода. Первоначально большую часть времени птицы проводили в воде. Основная часть береговой зоны не была освоена птицами. Из всей площади вольера они выбрали для себя участок с трехъярусными скалами, общей площадью около 20 м^2 . Активное освоение суши пингвинами было отмечено во время образования пар.

Для обеспечения ветеринарных манипуляций была поставлена задача научить птиц спокойно заходить в изолятор (карантинное помещение). Для этого на пути к изолятору и в самом изоляторе были выделены условные точки, к которым последовательно подводили птиц во время кормления. Через три месяца ежедневных тренировок птицы самостоятельно заходили в глубь этого помещения.

Вторая партия пингвинов, в отличие от первой, к вольеру главного корпуса адаптировалась быстрее. Вероятно, птицы этой партии прошли предшествующую переезду раннюю адаптацию к человеку. Объединение птиц из двух партий в вольере главного корпуса осуществлялось за один день, под наблюдением специалистов. Птицы не проявили по отношению к друг другу агрессии. Пингвины новой группы проявляли интерес к орнитологам, не боялись передвигаться по всей береговой зоне вольера, в изолятор зашли в кратчайшие сроки. Сейчас некоторые пингвины могут спокойно сидеть на руках, позволяют себя осматривать и гладить.

Адаптация пингвинов Гумбольдта в Приморском океанариуме прошла успешно, что подтверждает своевременная ежегодная линька всех птиц, незначительные сезонные колебания веса, высокая пищевая мотивация, а также наличие шести постоянных активно размножающихся пар. В Приморском океанариуме живет крупнейшая в России популяция пингвинов Гумбольдта, которая на данный момент насчитывает 31 особь.

**НАПРАВЛЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ПОКРОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ДИАДРОМНЫХ И
ПРЕСНОВОДНЫХ РОГАТКОВЫХ РЫБ (ACTINOPTERYGII,
SCORPAENIFORMES, COTTOIDEI)**

П. А. Савельев

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

Небольшие костные структуры, называемые шипиками, находятся в коже у большинства диадромных и пресноводных Cottoidei Голарктики. В систематике рассматриваемой группы достаточно давно используется область распространения шипиков на коже и их форма. Несмотря на довольно продолжительный период исследований различных костных структур у бычков-подкаменщиков, до сих пор остается не раскрытым вопрос о направлении их морфологической изменчивости, таксономической и филогенетической значимости.

На примере ряда изученных видов диадромных и пресноводных Cottoidei Голарктики определены закономерности морфологической изменчивости покровного вооружения и оценены возможности применения этого признака в таксономии и филогении данной группы.

Установлен направленный переход от шипиков с широкой базальной пластиной с неровным передним краем и мощным коротким коническим шипом у предковых форм к шипикам, состоящим из тонкого вытянутого веретеновидного шипа, похожего на иглу или волос, отходящего от едва заметной базальной пластины округлой формы с ровным передним краем, характерным для более молодых по происхождению пресноводных видов. Полученные данные в целом свидетельствуют о наличии сходства морфологии шипиков у представителей одной филогенетической линии, хотя могут наблюдаться несовпадения с установленными родственными связями, требующие проверки. Несмотря на внутривидовую изменчивость, общие характерные черты морфологии шипиков в каждой выделенной по имеющимся данным группе, достаточно стабильны и узнаваемы. Учитывая, что у большинства диадромных и пресноводных Cottoidei шипики присутствуют, этот признак можно считать достаточно консервативным, и, следовательно, полезным для таксономических и биогеографических исследований. Форма шипиков позволяет относительно точно диагностировать достаточно глубоко дивергировавшие таксоны. Для оценки мощности рассматриваемого критерия при решении таксономических, филогенетических и

биогеографических задач необходимо исследование внутривидовой изменчивости признака наряду с охватом большего числа видов.

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ
ПОЛОСТЕЙ ТЕЛА И ТУЛОВИЩНОЙ МЕЗОДЕРМЫ В ХОДЕ
ЛИЧИНОЧНОГО РАЗВИТИЯ АСЦИДИИ *HALOCYNTHIA*
AURANTIUM (TUNICATA, CHORDATA)**

А. В. Савельева

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
ansavbys29@yandex.ru*

Организация полостей тела – важный морфологический признак, используемый для установления филогенетических отношений между различными группами животных. Методами трансмиссионной электронной микроскопии исследована микроскопическая анатомия полостей тела и туловищной мезодермы ранних и поздних личинок солитарной асцидии *Halocynthia aurantium* (Pyuridae, Stolidobranchia). У ранних личинок эктодерма, мезодерма и энтодерма плотно прилегают друг к другу, поэтому гемоцель представлен узкими щелями между слоями внеклеточного матрикса. Гемоцель обширен только в хвосте. Мезодерма в передней части туловища представлена отдельными мезодермальными клетками и единым мезодермальным пластом в задней части туловища. Мезодермальные клетки не полярны, со всех сторон окружены внеклеточным матриксом. В мезодермальном пласте клетки неправильной формы, тесно примыкают друг к другу. Их размер порядка 12x8 мкм, они содержат ядро диаметром 3–4 мкм с хорошо выраженным ядрышком. Форма единичных мезодермальных клеток приближена к сферической, диаметр от 6 до 10 мкм. Цитоплазма содержит умеренное количество желточных гранул, округлых митохондрий, цистерн комплекса Гольджи (КГ) и шероховатого эндоплазматического ретикулума (ШЭР).

В туловище поздних личинок *H. aurantium* находится обширный гемоцель между слоями внеклеточного матрикса эктодермы, сенсорной везикулой, церебральным ганглием и зачатком пищеварительного канала. В гемоцеле локализовано три кластера мезодермальных клеток. Первый кластер располагается в передней части туловища, второй – под зачатком пищеварительного канала, третий – между нервным тяжом, нотохордом и задней частью зачатка пищеварительного канала. Все клетки имеют цитоплазматические отростки разной длины. Мезодермальные клетки сферической формы, размером 4x6 мкм. Цитоплазма содержит центрально расположенное ядро с хорошо выраженным ядрышком, многочисленные округлые митохондрии, хорошо развитый ШЭР, электроно-прозрачные везикулы с единичными округлыми электроно-плотными включениями. Мезодермальные клетки размером 8x10 мкм

обладают неправильной формой. Цитоплазма заполнена многочисленными везикулами с электроно-прозрачным и гомогенным электроно-плотным содержимым, между которыми локализованы обширный ШЭР и цистерны КГ, а ядро смещено к плазмалемме. В вентромедиальной области туловища под зачатком пищеварительного канала обнаружен целомический мешочек диаметром около 10 мкм. Его выстилают эпителиальные клетки кубовидной формы, расположенные на очень тонком слое внеклеточного матрикса. Цитоплазма содержит малое количество органелл, среди которых ШЭР, единичные цистерны КГ, округлые митохондрии. В небольшом количестве есть округлые электроно-плотные везикулы с гомогенным содержимым. По месту расположения и ультраструктуре обнаруженный целом соответствует зачатку перикарда личинок асцидий *Clavelina lepadiformis* и *Botryllus schlosseri*.

Исследование полостей тела и мезодермы в раннем онтогенезе асцидии *H. aurantium* может служить основой для последующего анализа клеточной спецификации мезодермы у оболочников и способно сформировать представление об эволюции мезодермальных дериватов, таких как перикард и клетки крови, у хордовых.

Проведенное исследование поддержано грантом РФФИ 19-14-00346 (руководитель С.В. Рожнов).

ФИТОПЕЛАГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА ЛЕТОМ 2022 ГОДА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ АМК-87 2021–2022 ГГ.)

Ф. В. Сапожников¹, О. Ю. Калинина¹, О. В. Ильина²

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
fil_aralsky@mail.ru

Исследования фитопелагических сообществ трёх районов Антарктики, материал по которым был собран летом 2022 г., позволили выявить богатую и разнообразную микрофитную флору. Совокупно в проливах Брансфилда и в Антарктическом проливе, а также в северной части моря Уэдделла (бассейне Пауэлла и в окрестностях Южных Оркнейских островов), в диапазоне глубин 0–160 м, было отмечено присутствие 109 видов и подвидов микрофитов. Большинство из них имели комплекс приспособлений для развития в пелагиали на вегетативных стадиях жизненного цикла. Подавляющее большинство составляли диатомеи (87 видов и подвидов, или 79.82% от всей флоры). За ними следовали динофлагелляты (19 видов или 17.43%). По одному виду были представлены гаптофиты (*Phaeocystis antarctica*), силикофлагелляты (*Dictiocha speculum*) и криптофиты (*Geminigera criophila*). Среди диатомей были особенно богаты видами роды *Chaetoceros* (15 видов и подвидов, или 13.76% от всей флоры), *Thalassiosira* (12 или 11%), *Fragilariopsis* (8 или 7.34%) и *Pseudo-nitzschia* (6 или 5.5%); среди динофлагеллят – *Protoperidinium* (12 или 11%).

При изучении локаций принимали во внимание присутствие в сообществах разных стадий развития одних и тех же видов. Так, в числе диатомей были 12 видов (*Chaetoceros neglectus*, *Ch. socialis*, *Ch. gelidus*, *Ch. tortissimus*, *Odontella weissflogii*, *Porosira glacialis*, *Stellarima microtrias*, *Thalassiosira diporocyclus*, *Th. gravida*, *Th. tumida*, *Th. rotula* и *Thalassiosira* sp. 1), представленные не только вегетативными клетками, но и покоящимися спорами. Во многих районах отмечали образование гамет *Corethron pennatum*. Динофлагеллята *Polarella glacialis*, встречаемая только в одной локации на западе бассейна Пауэлла (ст. 7336), присутствовала, в основном, в виде цист. В свою очередь, *Ph. antarctica* развивался в сообществах в трёх формах: эпифитной прикрепленной, ранними стадиями развития колоний, ведущими преимущественно прикрепленный образ жизни на хетах диатомей, а также свободноплавающими колониями.

Ни один из видов не был отмечен повсеместно. Наиболее широко распространены были 6 видов на вегетативной стадии развития –

Proboscia inermis, *Fragilariopsis sublinearis*, *Phaeocystis antarctica* (в эпифитной форме), *P. glacialis*, *O. weissflogii* и *C. pennatum*, отмеченные в половине и более изученных локаций. Такие виды, как *Halamphora* sp. (в пелагических агрегатах, формирующихся на основе пеллет), *Phalacroma equalanti*, *Protoperdinium latistriatum*, *P. bipatens*, *P. depressum*, *P. variegatum*, а также споры *P. glacialis* и *Thalassiosira* sp. 1 были встречены только на горизонтах глубже 50 м.

Выделенные на основании сходства сообществ флористические группировки (по качественному составу) и группы ценозов (по количественной структуре) не всегда были приурочены к определённым районам. Так, были выявлены 4 устойчивые флористические группировки. Среди них группировка «Df» (среднее внутригрупповое сходство 62.4%) была отмечена на станциях в самой западной области бассейна Пауэлла (ст. 7334 – 7336 и 7338), а также в центральной части Антарктического пролива (ст. 7329), на юге центрального разреза через пролив Брансфилда (ст. 7309) и на севере западного разреза (ст. 7322). Образующими видами этой группировки были *Fragilaria islandica*, *Trichotoxon reinboldii*, *Proboscia inermis*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis sublinearis*, *F. cylindrus*, *O. weissflogii*, *Chaetoceros tortissimus*, *Proboscia truncata* и *C. pennatum* – на вегетативной стадии, а также споры *Ch. socialis* и *Ch. gelidus*. Группировка «Ff» (среднее внутреннее сходство 36.85%) была распространена в окрестностях Южных Оркнейских островов (ст. 7365 – 7373) и на северной оконечности западного разреза через пролив Брансфилда (ст. 7323). Для неё образующими были *Rhizosolenia antennata* f. *semispina*, *Fragilariopsis kerguelensis* и *C. pennatum*. В свою очередь, группировка «Hf», обладавшая средним внутренним сходством 37.57%, имела относительно компактное распространение на севере центрального разреза через пролив Брансфилда (ст. 7313, 7314, 7316), а также была отмечена на западе разреза через бассейн Пауэлла (ст. 7341). Образующими были *C. pennatum*, *P. glacialis* и *O. weissflogii*. Наконец, группировка «Gf», при среднем внутреннем сходстве 53.33%, была распространена в северной части восточного разреза через пролив Брансфилда (ст. 7299 и 7301), а также встречена на западе бассейна Пауэлла (ст. 7343). Наибольшее значение для неё имели *Ph. antarctica* на эпифитной стадии и *C. pennatum*.

Также были выявлены 6 ценотических группировок (или устойчивых групп ценозов). Из них группа «Cc» (среднее внутреннее сходство 69.18%) была распространена преимущественно в северной области пролива Брансфилда (ст. 7299, 7301, 7314 и 7323) и встречена в его центральной части (ст. 7310). Эту группировку характеризовали, в порядке убывания значимости для внутригруппового сходства, *C. pennatum* и молодые колонии *Ph. antarctica*. Группировка «Gc» (среднее внутреннее сходство 57.06%) была распространена на станциях в юго-

западной части бассейна Пауэлла (ст. 7334-7336, 7338) и в центральной части Антарктического пролива (ст. 7329). Эту группировку характеризовал большой набор видов: зрелые колонии *Ph. antarctica*, *Odontella weissflogii*, *F. sublinearis*, *F. islandica*, споры *Ch. gelidus*, вегетативные *Th. rotula*, *C. pennatum*, споры *Ch. socialis*, а также колонии *E. antarctica* и *Ch. tortissimus*. Группа ценозов «Jc» (при среднем внутреннем сходстве 43.32%) была отмечена в южной части Антарктического пролива (ст. 7332, 7333), в северных частях восточного и западного разрезов через пролив Брансфилда (ст. 7305 и 7322), а также на юге центрального разреза (ст. 7308). Характеризующими видами здесь были *Ch. gelidus*, *O. weissflogii*, споры *Ch. gelidus*, вегетативные колонии *Ch. socialis*, *P. glacialis*, *Th. rotula* и *F. sublinearis*. К западу и к юго-востоку от Оркнейских островов была распространена группа ценозов «Ac» (внутригрупповое сходство 23.37%), характеризующаяся *Thalassiosira ambigua*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Dictyocha speculum* и *Chaetoceros criophilus*. Группировка «Hc» (внутригрупповое сходство 43.39%) была отмечена в южных частях центрального и восточного разрезов через пролив Брансфилда (ст. 7295 и 7309) и в северной части Антарктического пролива (ст. 7324, 7325). Эту группировку характеризовали *O. weissflogii*, *Ch. socialis*, *E. antarctica* var. *recta*, *E. antarctica*, *F. kerguelensis*, *P. truncata*, *C. pennatum*, *P. glacialis* и *Protoperidinium charcoti*. Наконец, группа ценозов «Dc» (среднее внутреннее сходство 35.61%) представляла собой совокупность относительно бедных видами сообществ, распространение которых не носило чёткой привязки к отдельным районам наблюдений. Локации, где были отмечены такие сообщества, располагались в центральной и северной областях пролива Брансфилда (ст. 7319 и 7316), в западной части бассейна Пауэлла (ст. 7343, 7348 и 7359), в северо-восточной его части (ст. 7393) и к югу от Южных Оркнейских островов (ст. 7372). Эти ценозы характеризовали всего два вида – *C. pennatum* и *Ch. criophilus*.

Такое распределение сообществ, относящихся к разным флористическим и, в особенности, ценотическим группировкам, хорошо демонстрирует неоднородность всего комплекса описанных районов по составу и структуре фитопелагиали. Тем не менее, для отдельных районов мы наблюдаем распространение сообществ определённых типов сразу на нескольких станциях, что указывает на их предпочтительное развитие в этих областях. В проливе Брансфилда распределение сообществ разных групп носит и вовсе мозаичный характер, тем не менее отображая различные стадии и формы метаморфоза ценозов. По сути, в структурном плане все эти сообщества являются вариациями развития и усложнения группировки «Dc», приуроченными к локальным областям.

ТАРДИГРАДЫ ГАЙОТА КОКО (ИМПЕРАТОРСКИЙ ХРЕБЕТ)

А. А. Сауленко¹, А. С. Майорова², В. В. Мордухович^{1, 2}

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
saulenko.aa@mail.ru

Тип Tardigrada объединяет микроскопических влаголюбивых многоклеточных, широко распространённых в различных местах обитания. На сегодняшний день известно 1380 описанных видов тихоходок, 230 из которых являются морскими. Несмотря на широкое распространение, тардиграды по-прежнему остаются одной из малоизученных групп беспозвоночных. В морских экосистемах тардиграды являются важным компонентом мейобентоса, встречаются от приливной зоны до ультраабиссальных глубин. Из глубоководных зон Тихого океана на сегодняшний день известно только о пяти видах тардиград: *Angursa seisuimariae* (море Кумано, Япония), *A. capsula*, *A. lingua* и *Moebjergarctus manganis* (Перуанская котловина), *M. clarionclippertonensis* (разлом Клариион-Клиппертон, северо-восточная Пацифика). Ранее нами также сообщалось о представителях трёх родов (*Angursa*, *Moebjergarctus* и *Coronarctus*), обнаруженных в ходе исследования донных осадков из Курильской котловины, Курило-Камчатского жёлоба и прилегающих абиссальных равнин Тихого океана.

Материалы для настоящего исследования были собраны в ходе комплексных экспедиций ННЦМБ ДВО РАН на НИС «Академик М. А. Лаврентьев» в 2019 и 2021 гг. В результате работы из мейобентосных сообществ гайота Коко (Императорский хребет) идентифицированы представители пяти родов тардиград: *Angursa*, *Coronarctus*, *Moebjergarctus*, *Bathyechiniscus* и *Tholoarctus*.

Роды *Coronarctus*, *Moebjergarctus* и *Bathyechiniscus* включают в себя исключительно глубоководных представителей, описанных и зарегистрированных в Мировом океане с глубин более 200 метров. Для рода *Coronarctus* на сегодняшний день известно о 10 видах из Индийского и Атлантического океана. Род *Moebjergarctus* насчитывает только два идентифицированных вида из северо-восточной и юго-восточной частей Тихого океана. Род *Bathyechiniscus* представлен единственным видом *Bathyechiniscus tetronyx*, который был описан из моря Дейвиса в Антарктиде с глубины 385 м.

Виды родов *Angursa* и *Tholoarctus*, в отличие от упомянутых ранее, в своём распределении охватывают широкий диапазон глубин, встречаясь от литорали до глубоководья. К роду *Angursa* относятся 8 описанных и зарегистрированных из Тихого и Атлантического океанов тихоходок. Род

Tholoarctus включает два вида: *Tholoarctus natans* (распространён в северном полушарии от Фарерских до Мальдивских островов, от литорали до 2000 м) и *Tholoarctus oleseni* (Тасманово море, глубина 34 м).

С использованием оптической и сканирующей электронной микроскопии получены микрофотографии исследованных тардиград, подготовлены морфологические описания выявленных таксонов.

ВЛИЯНИЕ ОБИЛИЯ ПИЩИ НА РОСТ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА

А. В. Силина

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

Знание пределов толерантности и оптимальных для вида значений факторов окружающей среды важно для решения многих теоретических и практических задач, особенно для разведения вида в аквакультуре. Известно, что скорость роста животных в первую очередь зависит от количества потребленной пищи, которое определяется концентрацией и качеством пищи в окружающей среде. Обычно оптимальные для вида показатели какого-то одного фактора среды определяются в лабораторных условиях при постоянных других параметрах среды, что имеет ограничения по достоверности полученных результатов, недешево и требует много времени. При обитании объекта исследования в естественной среде трудно вычлнить степень влияния на него отдельных факторов из-за того, что на организм влияет комплекс факторов, изменяющихся в течение года. Несмотря на ярко выраженные сезонные колебания параметров окружающей среды в месте обитания коммерчески важного приморского гребешка *Patinopecten (=Mizuhopecten) yessoensis*, сравнения скорости его роста в разные сезоны при разном обилии пищи в литературе нет. Поэтому цели работы – исследовать сезонную динамику скорости роста раковины гребешка из дикой популяции для установления характера зависимости роста гребешка от обилия пищи, а также выявить оптимальный для вида диапазон этого параметра среды.

Гребешок собирали в Амурском заливе Японского моря у берегов г. Владивосток. Гребешок – фильтратор, сестонофаг, максимальный диаметр потребляемых им частиц – 0.009–0.950 мм. Известно, что соматический и репродукционный рост обычно разделяются во времени так, чтобы максимизировать репродуктивный выход, то есть потребленная энергия расходуется в первую очередь на половые продукты. Поэтому для того, чтобы исключить определяющее воздействие преимущественного расхода ресурсов на рост репродуктивных тканей, исследования суточных приростов раковины гребешка были проведены для особей второго года жизни, так как годовалые особи не нерестятся, а нерест двухлеток малопродуктивен. Данные для оценки пищевого потенциала среды для гребешка в разные сезоны в исследуемом районе залива были взяты из опубликованной литературы по сезонной динамике биомассы фитопланктона, в том числе диатомовых водорослей (основной пищи приморского гребешка),

а также по численности таких представителей зоопланктона (входит в его диету), как копеподы и меропланктон. Сопоставляли суточные приросты раковины, образованные при разных показателях обилия пищи в воде. В сравнительном плане привлекали результаты изучения соматического роста мягких тканей этого моллюска.

Показано, что раковина гребешка в течение года росла неравномерно. Приросты были высоки в мае–июне при наименьшей биомассе фитопланктона в заливе. Позднее, в июле и августе, скорость роста заметно снижалась. Очевидно, что это снижение было обусловлено не недостатком пищи, так как августовские значения биомассы фитопланктона в районе исследования – одни из самых высоких в течение года. Осенью скорость роста значительно повышалась, но этот подъем явно не был обусловлен повышением пищевого потенциала среды, так как осенью наблюдалось снижение продуктивности фитопланктона после летнего обилия. Наибольшие суточные приросты раковины формировались в октябре, когда биомасса фитопланктона снижалась до 3.5–6.0 г/м³. Наименьшие приросты наблюдались с конца ноября по апрель, хотя в декабре–феврале фитопланктон образует второй по величине пик биомассы в заливе, т.е. зимой гребешок обеспечен достаточным количеством пищи.

Главный период роста раковины гребешка – с конца сентября до середины ноября, он совпадает с сезоном наилучшего роста соматических мягких тканей этого моллюска. Однако этот период быстрого роста не совпадает с сезоном максимальной биомассы фитопланктона, в том числе диатомовых водорослей. Что касается другой заметной составляющей диеты гребешка, зоопланктона, то известно, что биомасса меропланктона и копепод осенью в заливе также не максимальна. Более того, плотность недиатомовой составляющей фитопланктона (динофлагеллят и эвгленовых) в исследованном районе увеличивается весной и осенью, что также снижает качество пищи в эти сезоны, так как недиатомовые водоросли – незначительная часть диеты приморского гребешка. В то же время летом, когда наблюдается максимум биомассы фитопланктона, притом преимущественно за счет цветения диатомовых водорослей, раковина прирастает с низкой скоростью. Прирост массы соматических мягких тканей летом также значительно снижается. Меропланктон обилен также именно в апреле–августе, но не в октябре. Таким образом, в данном районе количество и качество пищи не является лимитирующим фактором для роста гребешка практически на протяжении всего года, и 3.5–6.0 г/м³ фитопланктона в воде обеспечивает высокие скорости роста гребешка. При более низкой или высокой биомассе фитопланктона, скорость роста гребешка снижается. Лучше всего зависимость ширины суточного прироста раковины от биомассы фитопланктона аппроксимировалась куполообразной кривой. Максимальные суточные

приросты раковины наблюдались при биомассе фитопланктона около 6 г/м^3 . При снижении биомассы ($<2 \text{ г/м}^3$), а также при ее повышении ($> 10 \text{ г/м}^3$) приросты существенно уменьшались.

Если снижение скорости роста гребешка при концентрации фитопланктона в воде $<2.0 \text{ г/м}^3$ можно объяснить недостаточным количеством пищи для вида, то уменьшение величины прироста раковина при концентрации $>10.0 \text{ г/м}^3$, скорее всего, объясняется тем, что такое обилие фитопланктона практически соответствует цветению воды, что приводит к негативным изменениям в среде. Большая концентрация мелких частиц в воде может приводить к забиванию жабр этого сестонофага, что препятствует нормальной фильтрации, т.е. затрудняет питание и дыхание, тем самым ухудшая его рост. Кроме того, в темное время суток из-за потребления кислорода фитопланктоном его концентрация в воде падает, что также влияет на физиологическое состояние гребешка, так как концентрации кислорода в воде $<6 \text{ мл/л}$ отрицательно сказывается на этом виде.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗОАНТАРИЙ (ANTHOZOA, ZOANTHARIA) МОРЕЙ РОССИИ

**У. В. Симакова¹, А. Е. Сморго², Э. В. Лопухин^{1,2}, В. Н. Москаленко¹,
Т. Н. Молодцова¹**

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;*

² *Российский национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова, г. Москва
yankazeisig@gmail.com*

Фауна отряда Zoantharia морей России слабо изучена. Это объясняется, главным образом, тем, что стенка тела зоантарий часто инкрустирована частицами грунта, что осложняет проведение морфологических исследований, необходимых для достоверного определения. В последние годы, благодаря развитию молекулярно-генетических методов, все большее распространение получает молекулярная таксономия зоантарий, основанная на использовании последовательностей митохондриальной и ядерной ДНК. Однако подавляющее большинство молекулярно-генетических исследований зоантарий проводится в тропических морях. Подобных работ в морях России не проводилось.

Основной задачей нашей работы была предварительная оценка биологического разнообразия зоантарий морей России с использованием молекулярно-генетических методов. В работе использованы сборы из коллекции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

**ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДНК В ГЕМОЦИТАХ
ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *RUDITAPES PHILIPPINARUM*
В СВЕТЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА БИОМАРКЕРОВ СОСТОЯНИЯ
МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

А. В. Синенко, Н. К. Христофорова, А. А. Анисимова
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
anisan77@mail.ru

Работа посвящена оценке возможностей метода проточной цитометрии в анализе генетической стабильности гемоцитов *Vivalvia* на примере *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1850) при разных подходах к измерению содержания ДНК, а также диагностической значимости цитогенетических маркеров в отношении биоиндикации загрязнений морской среды или иных неблагоприятных факторов, целесообразности их применения в мониторинге состояния морских экосистем.

Основным методологическим подходом послужило сравнение цитогенетических показателей – коэффициента вариации (КВ) размера генома, ДНК-индекса и ДНК-профиля гемоцитов *R. philippinarum* из фоновой б. Киевка и б. Новик (о-в Русский, зал. Петра Великого) Параллельно моллюски были протестированы на предмет уровня биоаккумуляции тяжелых металлов (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Ni) в тканях. В б. Новик исследованы четыре станции – м. Узкий, о-в Елены, пос. Подножье и м. Старицкого. Гемолимфу отбирали из мускула-аддуктора в 0.3 М ЭДТА и фиксировали 4% ПФА. Для предотвращения влияния аутофлуоресценции гемоцитов на результат измерения содержания ДНК мы разработали и использовали методику извлечения чистых ядер из клеток путем их обработки раствором детергента Triton X-100 на фосфатном буфере (0.01 М, рН 7.4). Были апробированы концентрации детергента 1, 2.5 и 5%, время инкубации составило 30 мин при 37°C. Полученные суспензии (клетки и ядра в одном образце) анализировали методом световой микроскопии (AxioImager A1, Carl Zeiss) с использованием фазового контраста на предмет эффективности извлечения ядер, а также методом проточной цитометрии (BD Accuri C6) на предмет содержания ДНК после окрашивания образцов йодистым пропидием (PI) в присутствии внутреннего гаплоидного стандарта (сперматозоиды *R. philippinarum*). Отдельно учитывали ядерный и

клеточный сигналы. Уровень биоаккумуляции тяжелых металлов в тканях определяли методом атомной абсорбционной спектрофотометрии (Shimadzu AA-6800).

После инкубации гемоцитов в 1% растворе Triton X-100 на микрофотографиях определялись как целые клетки, так и чистые ядра, однако с повышением концентрации детергента до 2.5 и особенно до 5% наблюдали деструкцию хроматина и ядерных мембран. Ядра, выделенные с помощью 1 и 2.5% раствора Triton X-100, хорошо дифференцировались от клеток методом проточной цитометрии по сниженным показателям переднего (FSC) и бокового (SSC) светорассеяния, а также по убыванию площади сигнала йодистого пропидия (PI-A) при сохранении его высоты (PI-H), что объясняется относительно низким вкладом цитоплазматического сигнала в общий уровень флуоресценции окрашенных PI клеток на одном оптическом срезе по сравнению с полным объемом цитоплазмы. При обработке 5% раствором детергента дифференцировать ядра от клеток не удавалось, а коэффициент вариации размера генома возрастал в связи с разрушением ядра при сохранении целостности плазмалеммы.

Дифференциальная оценка содержания ДНК в целых клетках и чистых ядрах, а также суммарная оценка флуоресценции PI в смешанных клеточно-ядерных суспензиях без дифференциации событий на клетки и ядра показали, что точность определения KV размера генома (разброс значений массы ДНК в пределах пика G_0/G_1 основного класса плоидности), ДНК-индекса (отношение усредненного по всем клеткам содержания ДНК к гаплоидному значению) и ДНК-профиля (паттерна частотного распределения клеток по содержанию ДНК) существенно зависит от того, какой объект выбирается для измерения – целые гемоциты или чистые ядра, а также от соотношения ядер и клеток в смешанных суспензиях.

Оценка KV размера генома по целым клеткам показала высокие значения (более 10%) во всех исследованных районах, включая контрольную б. Киевка, при том, что общепринятой нормой для данного показателя считается значение не более $\sim 4.5\%$. Превышение этого значения свидетельствует о разрывах цепей ДНК и хромосомных aberrациях в результате генотоксического повреждения. При измерении целых клеток три выборки из б. Новик (о-в Елены, поселок Подножье и м. Старицкого) показали расширение пика G_0/G_1 по сравнению с

выборкой из контрольной б. Киевка, однако после пересчета по чистым ядрам эти различия исчезли, но появились различия между станциями м. Узкий (минимальный КВ, 9.12 ± 0.17) и о-в Елены (максимальный КВ, $10.45 \pm 0.23\%$), что отражало разницу в уровне биоаккумуляции металлов. У особей со станции о-в Елены было отмечено достоверно более высокое содержание Cd в тканях, чем у моллюсков из других мест сбора. Несмотря на то, что ни в одной из акваторий уровень биоаккумуляции металлов не превышал предельно допустимых значений, гемоциты рудитапесов повсеместно показали превышение нормы КВ размера генома, что потенциально характеризует их как чувствительный биоиндикатор генотоксических воздействий.

При оценке ДНК-индекса по целым клеткам различия обнаружили между моллюсками из акватории м. Узкий и всеми остальными выборками, которые, в свою очередь, не показали различий между собой. Выборка со станции м. Узкий характеризовалась повышенным ДНК-индексом – 2.6 против 2.3 для станции о-в Елены, 2.2 для станций пос. Подножье и м. Старицкого и 2.4 для контрольной станции б. Киевка. При анализе чистых ядер общая тенденция сохранилась, но исчезли различия между выборками со станций м. Узкий и м. Старицкого. Таким образом, ДНК-индекс оказался максимально высоким в наиболее чистых акваториях и особенно в районе м. Узкий. Анализ ДНК-профилей показал, что у рудитапесов из этой акватории повышение ДНК-индекса сопряжено с системной полиплоидизацией значительной части клеток до уровней 3 – 4 – 5 *n* (*c*), тогда как для других станций были характерны асимметричные одномодальные или бимодальные распределения гемоцитов по содержанию ДНК. Учитывая низкий уровень биоаккумуляции металлов в тканях рудитапесов со станции м. Узкий, в данном случае следует предположить иные, возможно, биогенные причины умножения числа геномов. Доля клеток с содержанием ДНК 4 *c* в гемолимфе особей из района м. Узкий была рекордно высока ($18.5 \pm 0.92\%$) на фоне остальных исследованных акваторий, что может указывать как на тетраплоидию, так и на высокую митотическую активность клеток и побуждает рассмотреть сценарий распространения гемической неоплазии в этой популяции *R. philippinarum*.

АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА СЕМИ ОСТРОВОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В. В. Скворцов¹, С. Г. Денисенко², Д. В. Захаров²

¹*Российский государственный педагогический университет им.*

А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург;

²*Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург*

vlad_skvortsov@mail.ru

Целью настоящей работы является оценка видового богатства и разнообразия в сообществах макрозообентоса в районе Семи островов Восточного Мурмана (Баренцево море) и количественная оценка связи этих показателей с параметрами среды обитания.

Материалом исследования послужили дночерпательные пробы, взятые на шестидесяти станциях в августе 1980 г. дночерпателем «Океан-50» и сборы тралом Сигсби, выполненные в ноябре 2016 г. Учитывали следующие показатели: количество обнаруженных видов, индексы видового разнообразия Шеннона и Симпсона, показатель Chao2. При анализе первичных эмпирических данных использовали следующие методы многомерной статистики: обобщённый EM кластерный анализ, факторный анализ, множественный регрессионный анализ. Поскольку распределение изучаемых переменных отличалось от нормального, все они были трансформированы.

В результате в дночерпательных пробах 1980 г. было выявлено 210 таксонов макрозообентоса, преимущественно видового ранга. Число таксонов на станциях варьировало от 1 до 51 при среднем значении 21, индексы Шеннона и Симпсона изменялись соответственно от 0 до 4.5 (среднее 2.65) и от 0 до 0.93 (среднее 0.69). Общее количество таксонов, обнаруженных в траловых сборах 2016 г., составило всего лишь 23. В каждом из уловов было найдено от 3 до 10 таксонов (в среднем 7). Индексы Шеннона и Симпсона соответственно варьировали от 0.17 до 2.92 (среднее 1.03) и от 0.04 до 0.85 (среднее 0.32).

Вычисление показателя Chao2 позволило аппроксимировать зависимость видового богатства сообществ макрозообентоса от количества отобранных проб и определить теоретически возможное максимальное число видов. Для дночерпательных сборов эта зависимость наилучшим образом описывается моделью Михаэлиса-Ментена третьего порядка ($R^2 = 0.999$, $p < 0.000$), которая даёт максимальную оценку видового богатства для района архипелага Семи островов в 365 видов. Данные траловых сборов описываются моделью Михаэлиса-Ментена первого порядка ($R^2 = 0.998$, $p < 0.000$), которая даёт максимальную оценку видового богатства в изучаемом районе только в 35 видов.

Особенности пространственной изменчивости показателей видового богатства и фаунистического разнообразия в районе Семи островов, по материалам дночерпательных сборов 1980 г., были выявлены с помощью алгоритма обобщённого EM кластерного анализа. В результате выделено пять кластеров станций, которые достоверно различались, прежде всего, по обилию доминирующих видов зообентоса, видовому богатству и видовому разнообразию. Выделенные кластеры по видовому составу достаточно близки друг к другу – сходство по Сёренсену между ними варьирует от 0.58 до 0.65, но сходство с траловыми сборами гораздо меньше и не превышает 0.10–0.18.

Связь между видовым богатством и видовым разнообразием макрозообентоса на каждой из станций и такими параметрами местообитания, как глубина, состав донных осадков, угол уклона дна, была проанализирована методами многомерной статистики. Выполненный факторный анализ выявил два фактора, которые объясняют 56% суммарной дисперсии. Первый фактор (34%) указывает на отрицательную связь видового богатства и индекса Шеннона с крупнозернистыми донными осадками, второй фактор (22%) указывает на положительную связь индекса Симпсона с глубиной. Для некоторых из этих переменных методом множественного регрессионного анализа были получены уравнения, описывающие зависимость величины видового богатства от глубины и состава осадков ($R^2=0.88$, $p<0.000$), индекса видового разнообразия Шеннона – от глубины и состава осадков ($R^2=0.98$, $p<0.000$), индекса Симпсона – от глубины ($R^2=0.94$, $p<0.000$).

Учитывая то обстоятельство, что регион архипелага Семи островов Баренцева моря является важным участком, на котором сосредоточены значимые промысловые запасы исландского гребешка *Chlamys islandica*, необходимо проводить регулярные дночерпательные съёмки с целью мониторинга изменений видового разнообразия и количественных параметров сообществ макрозообентоса.

**СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ
МАКРОВОДОРОСЛЕЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ НАУЧНОМ
ЦЕНТРЕ МОРСКОЙ БИОЛОГИИ ДВО РАН**

А. В. Скрипцова

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

Дан обзор проведенных в последние два десятилетия в Национальном научном центре морской биологии им. А.В. Жирмунского (ННЦМБ) ДВО РАН исследований морских макрофитов дальневосточных морей России и сопредельных вод.

Несмотря на то, что изучение видового разнообразия и таксономического состава альгофлоры дальневосточных морей, затрагивающее всю акваторию региона и все группы морских макроводорослей, проводится уже более 200 лет, оно далеко от завершения. С внедрением методов молекулярной филогенетики в таксономические исследования произведены кардинальные изменения систематики водорослей как на уровне классов, порядков, семейств, так и на уровне родов и видов, которые привели к описанию новых таксонов, синонимизации уже существующих. Флора водорослей дальневосточных морей России практически оставалась за рамками этих исследований, в результате возникало все больше вопросов к видовому разнообразию и таксономии макроводорослей в наших водах, и назрела необходимость реинвентаризации флоры с применением методов молекулярной систематики. Такие исследования были начаты в ННЦМБ в начале 2000 гг. В работе используется комплексный подход с привлечением методов молекулярной и морфологической систематики.

Была проведена ревизия рода *Palmaria*. Показано, что данный род в северо-западной Пацифике представлен единственным видом – *P. moniliformis*. Все остальные виды рода из этого региона переведены в род *Devaleraea*. Описаны 5 новых видов *Devaleraea* с российского побережья и уточнены ареалы видов рода. Ревизия рода *Ahnfeltia* в регионе подтвердила конспецифичность *A. tobuchiensis* и *A. fastigiata*. Вид *A. tobuchiensis* редуцирован до уровня варьета *A. fastigiata* var. *tobuchiensis*. Показано, что вид *A. borealis*, известный с побережья Канады, встречается и в дальневосточных морях, где ранее идентифицировался как *A. plicata*. Произрастание *A. plicata* в регионе и в северной Пацифике нуждается в подтверждении. Показано, что представители рода *Ahnfeltiopsis* у восточных берегов России не встречаются, указывавшийся здесь ранее единственный вид '*A. flabelliformis*' представляет собой комплекс двух видов рода *Besa*: *B.*

divaricata и *B. japonica*. Установлена принадлежность *Lukinia dissecta* к порядку Rhodymeniales, а не Gigartinales, в который вид был предварительно помещен его автором Л.П. Перестенко. Доказано, что дальневосточная *Gracilaria verrucosa* конспецифична азиатской *G. vermiculophylla*; описан новый вид *Gracilaria austramaritima*. Анализ типового материала *Neoabbottiella valentinae* показал, что этот вид конспецифичен *Schizymenia jonssonii*. Установлено, что род *Shizymenia* на Дальнем Востоке России представлен двумя видами: широкораспространенным *S. jonssonii* и впервые описанным с материкового побережья Японского моря *S. tamarae*. Планомерное углубленное изучение эпифитного компонента флоры выявили целый ряд видов макроводорослей, новых для российской акватории.

Значительное внимание уделяется изучению исторических изменений флоры умеренных, субтропических и тропических морей Тихого океана, выявляются направленности этих изменений под действием климатических изменений, антропогенного пресса, природных катастроф.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕНТОВ КЛАНА CYP74 И
ПРОДУКТОВ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ У
ЛАНЦЕТНИКОВ *BRANCHIOSTOMA FLORIDAE*, *B. BELCHERII* И
*B. LANCEOLATUM***

***Е. О. Смирнова, С. С. Горина, Н. В. Ланцова, Я. Ю. Топоркова,
А. Н. Гречкин***

*Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань
yelena.smirnova@aiesec.net*

Оксилипины являются важными липидными медиаторами, которые образуются из полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), таких как арахидоновая, линолевая, α -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая и другие. В биосинтезе оксипинов принимают участие следующие группы ферментов: циклооксигеназы, липоксигеназы и цитохромы P450. Кроме того, оксипины могут образовываться спонтанно без участия ферментов. Подобные оксипины носят название фитопростаны и изопростаны.

Оксипины животных включают эйкозаноиды (производные C20 жирных кислот) и октадеканойды (производные C18 жирных кислот). У млекопитающих эйкозаноиды изучены очень хорошо. Они принимают участие в регуляции основных физиологических функций: в работе органов пищеварения, сердечно-сосудистой и респираторной систем, воспроизводства, в воспалительных процессах, анафилаксии, системах иммунного ответа и др. В то же время, механизмы образования, а также свойства октадеканойдов животных остаются практически неизученными, несмотря на то что содержание C18 жирных кислот в животных тканях достигает значительного количества. При этом оксипины октадеканового ряда, образуемые в рамках липоксигеназного каскада, хорошо изучены у растений. Показано, что они являются продуктами каталитического действия липоксигеназ и цитохромов P450 семейства CYP74, к которым относятся алленоксидсинтазы (АОС), дивинилэфирсинтазы (ДЭС) и гидропероксидлиазы (ГПЛ).

Ферменты семейства CYP74 ранее были известны только у растений. Однако не так давно были обнаружены ферменты, обладающие сходными с представителями семейства CYP74 последовательностями, структурами и механизмами каталитического действия. Подобные ферменты были описаны у животных, протеобактерий, бурых и зеленых водорослей. По требованиям номенклатуры цитохромов P450, они относятся к другим семействам. В связи с этим, было введено понятие клана CYP74. К нему отнесли еще одну группу ферментов – эпоксиалкогольсинтазы (ЭАС). В 2008 г. был охарактеризован первый

представитель этого класса ферментов – ЭАС ланцетника. В дальнейшем ЭАС были обнаружены нами у бурой водоросли *Ectocarpus siliculosus* и актинии *Nematostella vectensis*. Кроме того, ЭАС активность была обнаружена у ГПЛ подсемейства СУР74С и некоторых ферментов из подсемейства СУР74В. В 2018 г. в нашей лаборатории была охарактеризована и описана первая растительная эпоксиалкогольсинтаза, относящаяся к семейству СУР74 – фермент плаунка *Selaginella moellendorffii*.

В настоящей работе описаны и охарактеризованы три фермента трех видов ланцетников – *Branchiostoma floridae*, *B. belcherii* и обитающего в Черном море *B. lanceolatum*. Фермент *B. floridae* превращает гидроперекиси жирных кислот исключительно в оксиранил карбинолы (эпоксиспирты), что указывает на то, что данный фермент обладает исключительно ЭАС активностью. Это уже второй фермент подобного типа, описанный для данного вида животных. Ему было присвоено тривиальное название BfEAS2. В то же время фермент ланцетника *B. belcherii* проявляет двойную активность – алленоксидсинтазы и эпоксиалкогольсинтазы. Ему присвоено тривиальное название BbEAS/AOS. Это первый фермент клана СУР74 животных, обладающий АОС активностью.

Фермент *B. lanceolatum* является самым необычным ферментом из всех перечисленных. При участии данного фермента могут образовываться дивиниловые эфиры (ДЭС продукты), эпоксиспирты (ЭАС продукты) и лейкоториен-подобные соединения. Последние соединения не являются типичными продуктами реакций, катализируемых ферментами СУР74.

Важно отметить, что продукты ЭАС реакции представителей разных таксонов различаются по стереохимии. ЭАС животных продуцируют эпоксиспирты с *цис*-дизамещенным эпоксидом. А эпоксиспирты, синтезированные при участии растительных ЭАС, содержат *транс*-дизамещенное эпоксидное кольцо. По-видимому, образование эпоксиспиртов с *цис*-конфигурацией эпоксидного кольца является особенностью ЭАС животных. Полученные результаты вносят существенный вклад в понимание развития и становления липоксигеназного каскада у животных.

Рекомбинантные ферменты были получены при финансовой поддержке государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН. Каталитическая активность рекомбинантных ферментов была изучена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-14-00338.

ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У *ANADARA BROUGHTONII*, ВЫЗВАННЫЕ ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ ЗЕЛеноЙ МИКРОВОДОРОСЛЬЮ *COCCOMYXA VERONICA* SP. NOV.

Ю. Н. Сокольникова, А. В. Тумас, А. М. Стенкова, В. А. Слатвинская
Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
yulia.sn@mail.ru

У двустворчатых моллюсков симбиоз с эндобиотическими микроводорослями довольно редкое явление и представлен только в двух формах: облигатный мутуализм между представителями семейства Cardiidae и микроводорослями *Symbiodinium* (Hernawan, 2008), и факультативный паразитизм между Mytilidae и *Coccomyxa* (Zuikov et al., 2018). До 2010 г. зеленая микроводоросль *Coccomyxa parasitica* считалась видоспецифичным паразитом, пока не была обнаружена у *Raponea abbreviata* (Vázquez et al., 2010). В 2019 г. после проведенного нами скрининга наиболее распространенных в зал. Петра Великого видов двустворчатых моллюсков, микроводоросли были обнаружены также в тканях *Mya japonica* и *Anadara broughtonii*.

Раковина зараженных микроводорослями анадар имела более округлую форму: задний конец не образовывал острого угла, а сами створки были сплюснены сверху вниз. Тело этих особей при слабом инфицировании (при микроскопическом обследовании фитобионты обнаруживались лишь в гемоцитах и мантии) приобретало бледно-оранжевую окраску, а задняя область краевой зоны мантии – зеленый оттенок. При дальнейшем развитии инфекции микроводоросли обнаруживались в задней кишке и жабрах, ткани которых также окрашивались в зеленый цвет. Именно в этих органах при гистопатологическом анализе наблюдались наиболее выраженные изменения. В мантии пораженных моллюсков по сравнению со здоровыми особями, наблюдалось уменьшение числа, но увеличение размера сосочков, разрыхление и частичное замещение мышечных волокон вакуолярными клетками, интенсивная инфильтрация гемальных синусов соединительной тканью, а прилегающих тканей – гемоцитами и микроводорослями. Все ткани задней кишки также были сильно инфильтрированы микроводорослями и гемоцитами (особенно субэпителиальная зона), эпителий был деформирован, мышечные волокна атрофированы, а гемальные синусы сильно расширены. Также значительно были расширены бронхиальные синусы жабр. При этом эпителий в жабрах был сплюснен, а число слизистых клеток в нем сокращено. В гемолимфе даже при сильном заражении водоросли встречались редко и лишь в амебоцитах. В остальных органах и тканях,

кроме гемоцитарной инфильтрации, выраженных гистопатологических изменений не было выявлено. По сравнению с наиболее распространенными у анадар патогенами, такими как *Perkinsus* и *Nematopsis*, которые инфицируют преимущественно пищеварительную железу, жабры, мантию и гонады, обнаруженный нами микрофитобионт вызывал более существенные патологии (Dang et al., 2015; Karnisa et al., 2019).

Для идентификации микроводорослей из *A. broughtonii* получали их культуру по ранее разработанной нами методике (Sokolnikova et al., 2016). После добавления выделенных клеток микроводорослей в культуральную среду f/2 в концентрации 11 млн кл/мл и инкубировании при 16/8 ч фотопериоде и 20–22°C в течение первых 16 сут наступала лаг-фаза. В ходе этого периода клетки имели округлую форму, а их численность снижалась примерно в 3 раза, что вероятно связано с адаптацией фитобионта к новым условиям. С 17 по 24 сут проходила экспоненциальная фаза роста: микроводоросли становились более вытянутыми, число клеток и спор возрастало. Далее наблюдалась самая продолжительная фаза (57 сут) – стационарная, размер клеток, во время которой увеличивался и они приобретали палочковидную форму. После 2.5 мес. культивирования наступала фаза отмирания. По сравнению с *C. parasitica*, ранее выделенной нами из *Modiolus kurilensis*, также обитающем в зал. Петра Великого (Sokolnikova et al., 2016), кривая роста имела ряд существенных отличий: число клеток в инокуляте не превышало 1–2 млн кл/мл, а продолжительность лаг-фазы и стационарной фазы была значительно короче. К сожалению, в настоящее время более детального сравнительного анализа роста культур провести не представляется возможным, так как литературные данные, касающиеся культуры паразитической микроводоросли *Coccomyxa*, ограничиваются лишь парой работ (Belzile, Gosselin, 2015; Sokolnikova et al., 2016).

Ультраструктурный анализ показал присутствие в клетках микроводорослей из *A. broughtonii* характерный для зеленых водорослей набор органоидов. Клетки на всех фазах роста содержали 1 ядро, 1 парietальный чашевидной формы хлоропласт с крупными зернами крахмала, который у зрелых форм занимал около 50% объема клетки, 2–3 митохондрии, 1–2 мультивезикулярных комплекса, 4–5 липидных капель. Клеточная стенка имела многослойное строение и была значительно более утолщенной у микроводорослей в мантии моллюсков. Размножение происходило ди- и тетраспорами, которые часто не расходились и образовывали многоклеточные конгломераты внутри хозяина. У *C. parasitica* таких ультраструктурных особенностей ранее не наблюдалось (Rodriguez et al., 2008; Sokolnikova et al., 2016).

Молекулярно-генетический анализ включал стандартные этапы. ПЦР-амплификацию гена 18S рДНК проводили с использованием

оригинальных для *Coccomyxa* праймеров 18beg-F и 18end-R (Sokolnikova et al., 2016). рДНК ITS амплифицировали с использованием праймеров ITS1-2-F 5'-GGGAAAАСТТАССАGGTCCАGА-3' и ITS1-2-R 5'-CGCАТТТCGСТGCGТТСТТC-3'. Очищенные фрагменты секвенировали с использованием праймеров 2EX-R 5'-ТАТТGGAGСТGGAG-3' и 2EX-F2 5'-GGGAGТАТGGGСТGA-3'. Надежность предполагаемых деревьев была проверена с помощью бутстреп-теста (1000 повторов). Конечная последовательность составила 1840 п.н, которую депонировали в базу данных GenBank под номером OM304844.

Филогенетический анализ, проведенный на основе локусов 18S рДНК, ITS1 и 5.8S рДНК методом Neighbor Joining, показал, что выделенный нами штамм принадлежит к роду *Coccomyxa* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). Попарное расстояние с другими видами *Coccomyxa* варьировало от 0.027 до 0.005, из которых *C. arvernensis* показывала минимальное расстояние – 0.005. В полученных филогенетических деревьях исследуемая водоросль формировала новую четко обособленную кладу, как сестринскую ветвь *C. arvernensis* с высокими значениями начальной загрузки 80–100%.

Таким образом, основываясь на данных филогенетического анализа и комплексного морфофизиологического описания, мы пришли к заключению, что *A. broughtonii* поражает новый вид зеленых паразитических микроводорослей, которому было присвоено видовое название *Coccomyxa veronica* sp. nov. (Sokolnikova, 2022, в печати). Благодаря тому, что *Coccomyxa* обладает высокой экологической пластичностью, а в литературе появляется все больше данных о заражении новых видов моллюсков, создается проблема последующего распространения этого паразита, для решения которой требуется более детальное изучения данного явления, в том числе разработка соответствующих мер мониторинга и профилактики инвазии.

МОДИФИКАЦИЯ ЛИПИДОМА ГОРГОНИЕВЫХ КОРАЛЛОВ ИНДО-ПАЦИФИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИХ МИКРОБИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА

Д. Д. Солодий^{1,2}, Т. В. Сикорская¹, Е. В. Ермоленко¹, К. В. Ефимова¹,
Е. В. Маськин^{1,2}

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

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
dar2901@gmail.com

Кораллы являются одними из первых организмов, описанных как метаорганизмы (голобионты). Большинство видов горгониевых кораллов до настоящего времени крайне сложно дифференцировать по морфологическим признакам из-за эндемизма близкородственных видов и возможности межвидовой гибридизации. В мелководных местообитаниях, в условиях достаточной освещенности, симбиоз с эндосимбиотическими микроводорослями (зооксантеллами) способствует активному росту кораллов и образованию коралловых рифов. Однако в мало освещённых условиях на больших глубинах, где чаще обитают горгониевые кораллы, роль зооксантелл становится менее важной, и тогда большое значение могут приобретать другие ассоциированные организмы (прокариоты и эндолитические эукариоты).

В работе исследованы четыре вида горгониевых кораллов, представителей подкласса Octocorallia: *Junceella fragilis* (Alcyonacea, Ellisellidae), *Menella* sp. (Alcyonacea, Plexauridae), *Dichotella* sp. (Alcyonacea, Ellisellidae) и *Astrogorgia rubra* (Alcyonacea, Plexauridae), и основные члены их микробиального сообщества, идентифицированные до вида с помощью молекулярно-генетического анализа. Для оценки влияния каждого члена микробиального сообщества был проанализирован липидом кораллов (профиль молекулярных видов запасных и структурных липидов).

В липидах горгонарий обнаружены молекулярные виды этерных фосфолипидов с гидроксильрованными жирными кислотами (ЖК) грибов, бактериальными нечетными остатками ЖК и нечетными алкильными остатками. И коралл, и некоторые бактерии могут синтезировать этерные липиды. Вероятно, они транспортируются от членов микробиального сообщества к организму-хозяину, а некоторые молекулярные виды с нечетными алкильными фрагментами могут быть получены от анаэробных бактерий. Содержание запасного класса липидов триглицеридов (ТГ) у симбиотической горгонарии *J. fragilis* было в 30 раз выше, чем у остальных асимбиотических горгонарий. ТГ 18:3/18:4/18:3 можно рассматривать как маркер присутствия зооксантелл

в кораллах. Ассоциация с гидроидным полипом *Hydrichthella epigorgia* не вносила явного вклада в липидомный профиль горгонарии *A. rubra*. Установлено, что такие маркеры мягких кораллов, как полиненасыщенные ЖК 24:6n-3 и 24:5n-6, распределены в молекулярных видах липидов всех исследованных кораллов. Высокое содержание этих кислот отмечено как характерный признак кораллов семейства Plexauridae (*Menella* sp. и *A. rubra*). Таким образом, липидомный подход позволяет оценить распределение маркерных ЖК в липидах кораллов и проследить взаимоотношения между микробиальным сообществом и организмом-хозяином.

МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТАХ

С. Ф. Соломатов

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

Водолазные работы являются одним из самых щадящих способов учета морских гидробионтов. Они широко применяются для учета неподвижных и малоподвижных организмов, таких как двустворчатые моллюски, морские водоросли, кладки икры сельди. Для ихтиологических работ водолазные погружения используются реже в связи с подвижностью объектов наблюдения. При этом у водолазных учетных ихтиологических работ есть огромное преимущество перед рядом других способов – они позволяют обходиться без изъятия рыб и, следовательно, не наносят урон ихтиофауне, что имеет большое значение, например, при работах в границах морского заповедника.

Само по себе водолазное погружение не является методом учета, а лишь способом проникновения под воду. Проводятся водолазные погружения двух типов – свободное и трансекторное. Во время свободного погружения водолаз движется по произвольной траектории, фиксируя всех рыб в зоне видимости. Такой тип работ носит качественный характер. Трансектные погружения предполагают обследование в строго определенном направлении и позволяют получать не только качественные, но и количественные оценки ихтиофауны.

Во время водолазных работ, проводимых сотрудниками ННЦМБ в зал. Петра Великого, учет рыб проводили с помощью трансект (заякоренных фалов длиной 100 м, уложенных на дно бухты). Водолаз двигался в метре над дном и учитывал всех рыб на расстоянии 1 м справа и 1 м слева от трансекты, занося в планшет виды рыб, их количество и длину. Данная методика довольно подробно описана ранее А.И. Маркевичем (2018) и хорошо себя зарекомендовала. Однако к ее недостаткам можно отнести осреднение, а иногда и искажение результатов, учитывая высокую мозаичность циркумлитерального биотопа. Особенно это проявлялось, если трансекта была проложена перпендикулярно берегу и имела значительный перепад глубин, включала в себя разные грунты и растительность. Поэтому решено было разбить трансекту на участки по 5 м длиной. Соответственно водолаз вносил данные учета рыб с площади 10 м², а не 200 м². На каждом таком участке отмечали координаты с помощью GPS-приемника, глубину, температуру воды, тип грунта, площадь и тип проективного покрытия, время погружения.

В дальнейшем, при занесении в электронную базу данных, абиотические параметры были разделены на две таблицы. Одна состояла из постоянных параметров (координаты, глубина, грунт и др.), а вторая из переменных (температура воды, фамилия сборщика, дата, время и др.). Это позволило сократить время на внесение данных в Систему управления базами данных. Также во второй таблице была предусмотрена графа «примечания», где водолаз мог отметить дополнительные сведения. Третья таблица использовалась исключительно для внесения ихтиологических данных, таких как видовое латинское название рыбы, количество отмеченных экземпляров и их длина. Каждый обследованный участок принимался как отдельная станция, ей присваивался уникальный номер во всех трех таблицах, по которому можно было таблицы связывать между собой. В случае, если рыб отлавливали сачком с последующей обработкой на берегу, дополнительно были предусмотрены две таблицы для внесения данных по массовым промерам и биологическим анализам. Эти таблицы также получали столбец с номером станции и по нему интегрировались в базу с последующей возможностью получения выборок.

Подобный подход позволяет получить более детальную информацию по распределению рыб в циркумлиторали бухт зал. Петра Великого, их приверженности к определенному типу грунтов и растительности. А учитывая, что положение трансект не менялось в течение года и работы продолжались несколько лет, есть возможность сравнить сезонную и многолетнюю динамику ихтиоценов.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МЕДИ В ИОННОЙ И НАНОФОРМЕ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *DUNALIELLA SALINA* (TEOD.)

Е. С. Соломонова, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов, О. А. Рылькова
Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
solomonov83@mail.ru

В эпоху повсеместного использования, создания и развития нанотехнологической продукции особенно актуальным является вопрос оценки ее влияния на окружающую среду. Но, несмотря на пристальное внимание, уделяющееся экологическим проблемам ресурсов Земли, влияние наноразмерных частиц металлов, которые активно используются в разных областях человеческой деятельности, на живые организмы – мало изученный феномен. Фитопланктон представляет собой важный компонент водных экосистем, является первичным продуцентом органического вещества и основой всех трофических взаимодействий, вследствие чего микроводоросли потенциально наиболее восприимчивы к наночастицам на разных уровнях: репродуктивном (рост популяции), структурном и метаболическом. Цель данного исследования заключалась в (а) оценке изменения ростовых, флуоресцентных, цитометрических показателей и содержания хлорофилла у *Dunaliella salina* при добавлении в среду наночастиц оксида меди и ионов меди разной концентрации, (б) сравнительной оценке степени токсичности ионов Cu^{2+} и наноксида CuO при выращивании *D. salina* в условиях разной обеспеченности водорослей минеральным питанием.

По результатам экспериментального исследования установлены основные закономерности изменения морфологических, структурно-функциональных, флуоресцентных и цитометрических показателей *D. salina* при добавлении в среду наночастиц CuO и ионов меди разной концентрации при культивировании водорослей на питательной среде f/4 и f/32. Отмечено, что действие меди на клетки было менее выражено для водорослей, выращенных на среде f/4, что обусловлено высоким содержанием в ней хелатирующего агента ЭДТА, способного связывать растворенные в воде ионы металлов в хелатные комплексы, тем самым уменьшая их активность и токсическое действие на клетки и повышая биодоступность для водорослей. Показан различный механизм действия меди в ионной и наноформе на физиологию водорослей. Установлено, что медь в ионной форме оказывает цитотоксичное влияние на клетки *D. salina*, в то время как наночастицы CuO в большей мере механически воздействуют на поверхность клеточной стенки, что приводит к

появлению разрушенных и деформированных клеток в культуре. При этом *D. salina* более чувствительна к действию ионов меди. При культивировании водорослей на среде f/32 замедление роста клеток, снижение флуоресценции FDA, удельного содержания хлорофилла на клетку, эффективности работы фотосинтетического аппарата и индукция синтеза АФК наблюдались при концентрации Cu^{2+} в среде выше 400 мкг/л. Тогда как негативное действие CuO НЧ отмечено при содержании поллютанта выше 700 мкг/л и в большей степени сказывалось на морфологических изменениях клеток. В частности, установлено двукратное укрупнение клеток по сравнению с контролем, уменьшение количества клеток грушевидной формы (в контроле 60%), увеличение количества шаровидных форм (до 71%), значительная деформация и перфорация плазмалеммы, преобладание деформированных клеток неправильной формы и агломерированных с наночастицами. Кроме того, отмечено повышение продукции активных форм кислорода в клетках *D. salina* уже при минимальных концентрациях CuO НЧ в среде, что, вероятно, обусловлено интернализацией наночастиц внутрь клеток.

По результатам работы показано, что, несмотря на выраженное ингибирующее влияние меди, как в ионной, так и в наноформе, максимальные исследуемые концентрации токсикантов не приводили к полной элиминации популяции, что, вероятно, обусловлено присутствием в культуре клеток, резистентных к воздействию меди (порядка 10–15% по данным FDA-окрашивания) и способных обеспечить выживаемость и последующее восстановление популяции *D. salina* при высоком уровне антропогенного загрязнения среды.

Работа выполнена в рамках тем государственного задания Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН № 121041400077-1 «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» и № 121030300149-0 «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса».

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ МОРСКОЙ ДИКОЙ ПРИРОДЫ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ В МОРСКОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ

П. С. Сорокин, В. Н. Бочарников

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток
paveleco@mail.ru*

Концепция морской дикой природы является одной из многочисленных природоохранных стратегий наряду с программами ООН по сохранению уникальных биотопов. Её основу составляют межправительственные соглашения по регулированию океанического и прибрежного рыболовства путем ограничений использования морских акваторий, определения технических способов лова, периода или его запрета в районах, подверженных сильному антропогенному прессу или интенсивному промыслу гидробионтов.

Стратегии сбалансированного морского природопользования начали формироваться вследствие нарастающей антропогенной нагрузки на морские экосистемы из-за развития прибрежных урбанизированных территорий, судоходства и рыболовства. Современные методологические приёмы оценки антропогенного влияния на морские экосистемы связаны с обоснованием или регламентацией неистощительного рыболовства в глубоководных районах Мирового океана (Ardron et al., 2014). Одним из «ресурсосберегающих» инструментов является квотирование объектов промысла. Природоохранные концепции и методы сохранения морской среды сочетают теоретические дисциплины природопользования, но в первую очередь базируются на популяционной биологии. Наиболее эффективным способом сохранения естественного состояния морских экосистем является обоснование создания охраняемых или контролируемых районов ограничения воздействия человеческой деятельности.

По оценкам зарубежных исследователей 87% поверхности Мирового океана вовлечено в хозяйственную деятельность человека. Установлено, что в границах морских природоохранных районов располагается менее 4.9% морских экосистем, отвечающих статусу морской дикой природы (Jones et al., 2018). Такие акватории составляют 7.8% от площади Мирового океана (WDPA).

Следует отметить, что нет универсальной системы или утвержденной классификации выделения морских районов “дикой природы”. В то время как статус заповедника, морского заказника подтверждается периодическими инвентаризационными исследованиями для сохранения отдельных представителей флоры и фауны, то для неизведанных “диких” морских пространств этот вопрос остаётся дискуссионным. При помощи современных методов картографирования

установлено, что морскими районами, испытывающими менее 10% такой нагрузки (на площадь 10 км²), следует считать морские пространства, где сохранилась “дикая природа”, и морские экосистемы которых нуждаются в принятии специальных мер по сохранению биоразнообразия (Jones et al., 2020). В настоящее время, определение особо охраняемых морских зон, как правило, основывается на выборочном влиянии на разнообразие определенных видов основных форм природопользования (Horta e Costa et al., 2016). Например, для оценки воздействия хозяйственной деятельности на Мировой океан, иностранными учеными используются субъективные данные о влиянии около 20 наименований антропогенных “стрессоров”.

В нашем представлении для российских морей такая методология неприменима из-за разрозненной информации и отсутствия многолетних наблюдений для удаленных, северных морских районов. Поэтому предлагается использовать данные по интенсивности рыбохозяйственного использования, судоходства, локализации участков добычи углеводородов и разрозненную информацию об ущербе морским экосистемам в результате антропогенной деятельности. Несмотря на имеющееся рыбохозяйственное зонирование российских морей, донные морские экосистемы остаются малоизученными, из-за отсутствия данных о сопутствующем прилове при траловых научных съемках (Бадаев, 2017). Поэтому эти районы требуют особого внимания и анализа информации. Имеющаяся промысловая статистика оказывается неполной для целей объективной оценки запасов морских биоресурсов. Кроме этого, она не является источником информации о представителях животного и растительного мира неизученных географических районов из-за технических возможностей научно-исследовательского флота.

В российских морях выделены районы, где запрещается какая-либо хозяйственная деятельность на основе природоохранных принципов (Спиридонов и др., 2020). Это многочисленные памятники природы, исторического культурного наследия, островные и прибрежные заповедные территории гнездования перелетных птиц. Изменение таксономического (видового) биоразнообразия является результатом антропогенной нагрузки на морские экосистемы в результате аварийных ситуаций и терригенного сброса загрязняющих веществ. В зависимости от степени и масштаба воздействия, происходит изменение структуры морской экосистемы, от угрожающего состояния до полной деградации (например, в портовых районах или районах интенсивного рыболовства).

Важное значение для регионального развития побережья представляет районирование хозяйственной деятельности (Бакланов, 2019, 2021). Управление социально-экономическими процессами традиционно осуществляется в административно-территориальных “ячейках” – странах и регионах, границы которых, как правило, не

совпадают с природными рубежами. Природно-хозяйственная структура прибрежной зоны складывается не только из экономической деятельности и сферы услуг на суше, морехозяйственного комплекса, судоходства, но и морского биологического разнообразия как природно-ресурсного потенциала. Таким образом, основой для природоохранного морского районирования являются сведения о наличии акваторий с естественными условиями для воспроизводства популяций гидробионтов, объектов промысла, не испытывающих промысловой нагрузки и загрязнений водной среды. В районы морской дикой природы входят природоохранные морские, а также некоторые рыбохозяйственные участки с ограничением рыболовства. Отдельное внимание представляют уникальные глубоководные и рифовые комплексы, а также малоизученные удаленные морские экосистемы.

Экономическое развитие прибрежной территории и перспективные направления океанического природопользования сопровождаются прямым и косвенным влиянием на природную среду. В этой ситуации концепция морской дикой природы представляет собой инструмент для сохранения морских экосистем путём разработки методического аппарата выделения участков для зонирования уникальных географических районов. Мировое сообщество более 20 лет организует международные совещания по проблеме сохранения природы Мирового океана. Международный институт устойчивого развития активно осуществляет разработку основ “синей экономики”, проводятся исследования по оценке и определению стоимости ресурсов, а также пространственных услуг Мирового океана. В 2015 г. Всемирный фонд дикой природы провел анализ “сырьевой экономической ценности”, но до сих пор не разработана методология оценки стоимости природного капитала и экосистемных услуг. Поэтому важным этапом сбалансированного морского природопользования является разработка единых методов выделения географических районов с уникальными морскими экосистемами.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОПЛАНКТОНА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ

С. Ш. Сулейманов, Н. Э. Мехтиева, А. Э. Гулиева,
З. Ю. Абдурахманова

Институт зоологии НАН Азербайджана, г. Баку
mehdiyeva.nigar@bk.ru, suleyman.s@mail.ru, arzu_gasimova@inbox.ru

В настоящей работе оцениваются флюктуации биологических показателей – видового состава, численности, особенностей количественного распределения ихтиопланктона в западной части Южного Каспия. За последние десятилетия на фоне общей деградации экосистем Каспийского моря в результате эвтрофикации и загрязнения прибрежных районов токсическими веществами, а также вселения гребневиков *Mnemiopsis leidy* и *Beroe ovata*, каспийская ихтиофауна претерпела серьезные негативные изменения. Они проявились, прежде всего, в обеднении видового состава и изменении таксономической структуры гидробионтов, аномальном развитии икры и личинок рыб, резком сокращении общей численности рыб и промыслового запаса.

Мониторинг распределения и концентрации ихтиопланктона проводили у западного побережья Южного Каспия. Материал собран в летний период (июль, август) 2021 г. Сбор ихтиопланктона и гребневиков (*Mnemiopsis leidy* и *Beroe ovata*) проводили с помощью сети ДЖОМ с входным отверстием диаметром 80 см и ячеей 300 мкм и сети Джели с входным отверстием диаметром 36 см и ячеей 112 мкм на 7 разрезах и 14 стандартных станциях, расположенных на глубинах 10, 25 и 50 м.

Наблюдения за распределением рыб у морского побережья показывают, что сеголетки большинства видов рыб по своему физическому состоянию не могут обитать на больших глубинах, так как добыча корма на этих глубинах связана для них с большими трудностями. Поэтому в первый месяц жизни в море сеголетки концентрируются в мелководных участках береговой зоны.

Ихтиопланктон был отмечен в 29 планктонных пробах. Всего были идентифицированы 18 видов икры и личинок рыб, относящихся к 6 семействам (табл. 1). Численность икры (3.24 ± 0.34 экз/м³) была в среднем втрое меньше численности личинок (9.71 ± 0.42 экз/м³). Доминировали в ихтиопланктоне сельдевые Clupeidae (до 38.9%). Ихтиопланктон распределялся от м. Бяндован до Ленкорана. Максимальная концентрация ихтиопланктона приходилась на западную часть Южного Каспия в районе полуострова Сара (9.6 экз/м³) и Сальянского рейда (7.2 экз/м³) на глубине 10 м. Температура воды варьировала от 21.6 до 27.3⁰ С, при

среднем значении 24.5^0 С. Средняя концентрация ихтиопланктона в июле–августе 2021 г. составила 9.71 ± 0.42 экз/м³. Икра была представлена 6 видами: каспийская атерина (38.58%), саринская сельдь (22.22%), сингиль (15.43%), каспийская игла-рыба (9.54%), остронос (8.33%) и куриная сельдь (5.87%). Личинки рыб были представлены как теплолюбивыми, так и холодолюбивыми видами (табл. 1). Преобладали личинки 6 видов рыб: саринская сельдь (23.38%), обыкновенная килька (16.68%), каспийская атерина (13.08%), сингиль (10.50%), каспийский пузанок (4.33%) и аграханская сельдь (4.22%). Доля остальных личинок, встреченных в уловах, в сумме не превышала 27.81%. Концентрация личинок саринской сельди колебалась от 0.42 до 5.12 экз/м³, при среднем значении 2.27 ± 0.47 экз/м³. Плотность скоплений обыкновенной кильки изменилась от 0.35 до 3.39 экз/м³, составив в среднем 1.62 ± 0.44 экз/м³. Желетельный макропланктон был представлен *Mnemiopsis leidy* и *Beroe ovata*. Общая численность *M. leidy* варьировала от единичных экземпляров до 167 экз/м³, биомасса – от 0.04 до 26.4 г/м³. Биомасса гребневика *M. leidy* в среднем составляла 4.8 г/м³, максимальная биомасса (26.4 г/м³) наблюдалась в западной части Южного Каспия в районе полуострова Сара, на глубине 10 м. Следует отметить, что средняя численность и биомасса гребневика *M. leidy* прогрессивно уменьшалась от мелководья к глубоководной зоне. В период исследований в уловах *Beroe ovata* отмечен в незначительном количестве.

По результатам исследований установлены отличия в состоянии ихтиопланктонных сообществ, характерные для морских акваторий, подверженных эвтрофикации.

Таблица 1. Видовой состав и численность ($M \pm m$) ихтиопланктона в западной части Каспийского моря летом 2021 г.

Состав ихтиопланктона	Икра, экз/м ³	Икра, %	Личинки, экз/м ³	Личинки, %
-----------------------	--------------------------	---------	-----------------------------	------------

Сем. Clupeidae				
<i>Clupeonella caspia</i>	-	-	1.62±0.44	16.68
<i>C. engrauliformis</i>	-	-	0.33±0.16	3.40
<i>Alosa caspia caspia</i>	-	-	0.42±0.20	4.33
<i>A. braschnikowi braschnikowi</i>	-	-	0.31±0.16	3.19
<i>A. b. agrachanica</i>	-	-	0.41±0.23	4.22
<i>A. b. sarensis</i>	0.72±0.28	22.22	2.27±0.47	23.38
<i>A. curensis</i>	0.19±0.14	5.87	0.20±0.11	2.06
Сем. Cyprinidae				
<i>Rutilus caspicus</i>	-	-	0.20±0,11	2.06
<i>R. frisii kutum</i>	-	-	0.20±0,11	2.06
<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	0.20±0,11	2.06
Сем. Syngnathidae				
<i>Syngnathus nigrolineatus caspius</i>	0.31±0.22	9.57		-
Сем. Atherinidae				
<i>Atherina boyeri caspia</i>	1.25±0.41	38.58	1.27±0.34	13.08
Сем. Mugilidae				
<i>Liza aurata</i>	0.50±0.24	15.43	1.02±0.28	10.50
<i>L. saliens</i>	0.27±0.18	8.33	0.36±0.16	3.71
Сем. Gobiidae				
<i>Neogobius melanostomus affinis</i>	-	-	0.30±0.14	3.09
<i>N. caspius</i>	-	-	0.20±0.11	2,06
<i>N. pallasi</i>	-	-	0.20±0.11	2.06
<i>N. gorlap</i>	3.24±0.36	100	971±0.76	100
Всего				

ОЦЕНКА ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ

И. Ю. Сухин, Г. С. Гаврилова

*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),
г. Владивосток
igor.sukhin @tinro-center.ru*

В последние годы в Приморском крае отмечается активный рост численности предприятий марикультуры. По данным краевого агентства по рыболовству, аквакультурой занимаются 114 предприятий, за которыми закреплено 327 рыбоводных участков площадью более 80 тыс. гектаров. В 2021 г. общий объем выращенной товарной продукции (с учетом находящейся на донных и подвесных плантациях) достиг 56.8 тыс. тонн, в том числе 32.8 тыс. тонн моллюсков (гребешки, устрицы, мидии) и иглокожих (трепанги, морские ежи). Значительный рост был зафиксирован в производстве устриц – за два года (2020–2021 гг.) оно увеличилось до 4.2 тыс. тонн (на 84%). Активная деятельность по формированию и распределению рыбоводных участков привела к тому, что в настоящее время приморская марикультура конкурирует с прибрежным рыболовством за районы, пригодные как для промысла, так и создания плантаций.

Как пастбищная, так и индустриальная аквакультура беспозвоночных в настоящее время основываются на использовании трофических ресурсов, формируемых в естественной среде. Такой способ разведения позволяет минимизировать привнесение в природу дополнительной органики, однако ставит хозяйственную деятельность в зависимость от экологических условий акватории, в первую очередь – от скорости продуцирования, а также поступления трофических ресурсов извне. Для грамотного планирования марикультурной деятельности возникает необходимость оценить, насколько трофические условия прибрежных акваторий позволяют удовлетворить потребности плантаций культивируемых гидробионтов.

Одними из наиболее распространенных в Приморье объектов культивирования являются двустворчатые моллюски: приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* и тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*. Важным трофическим ресурсом для них является фитопланктон. Первичную продукцию фитопланктона в водоеме можно оценить на основании концентрации в воде хлорофилла *a*. В нашем исследовании для расчета первичной продукции (ПП) в единицах

органического углерода ($C_{орг.}$) мы использовали параметры и зависимости, рассчитанные для акватории Амурского залива эмпирическим способом В.И. Звалинским:

$$ПП = 0.66 * A_c * C_{chl} * T \quad (1)$$

где A_c – ассимиляционное число (4), C_{chl} – концентрация хлорофилла ($мг * м^{-3}$), T – продолжительность светового дня (14 ч).

Данные о концентрации хлорофилла a в толще воды в районе о-ва Уши, в б. Филипповского, в б. Воевода и в проливе Старка собирали с помощью гидрологического зонда ASTD102-ALC-R02 «JPE Advantech» в 2021 г. в период с мая по август, когда процессы соматического и генеративного роста моллюсков протекают наиболее активно.

В конце мая концентрации хлорофилла a была минимальной за период наблюдений на всех станциях, кроме пролива Старка, где на всех глубинах непродолжительное время отмечали повышенный уровень содержания хлорофилла. В июне на станциях возле о-ва Русский концентрация хлорофилла возрастала, в первой декаде июля достигнув уровня 1.4–1.7 $мг/л$. В проливе Старка при этом рост концентрации хлорофилла был менее интенсивным, данная величина не превышала 1 $мг/л$. После «вспышки» в начале лета, в июле вблизи о-ва Русский произошло снижение концентрации хлорофилла a до уровня около 1 $мг/л$. В проливе Старка это явление было менее заметным, в первой декаде августа концентрация хлорофилла a уменьшилась до 0.7–0.9 $мг/л$. Во второй декаде августа этот показатель вновь возрос, достигнув на всех станциях максимальных за период наблюдения величин – 1.8–2.1 $мг/л$ возле о-ва Русский и 1.2–1.6 $мг/л$ в проливе Старка. Августовский «скачок» концентрации хлорофилла a произошел через неделю после резкого повышения температуры придонных слоев воды. Однако в последующие недели произошло снижение данного показателя до средних за период наблюдения величин.

На основании собранных данных были рассчитаны средние величины первичной продукции прибрежных морских вод. В обследованном районе отмечено снижение показателей продукции с севера на юг – от 41.4 $мгС м^{-3}сут^{-1}$ у о-ва Уши, 38.6 $мгС м^{-3}сут^{-1}$ в б. Филипповского, 35.1 $мгС м^{-3}сут^{-1}$ в открытой части б. Воевода и до 27.2–33.2 $мгС м^{-3}сут^{-1}$ в проливе Старка. Возможной причиной этого является распределение биогенных элементов, поступающих с потоками р. Раздольная, впадающей в северную часть залива.

Необходимый уровень первичной продукции для создания плантаций этого вида – не менее 20 $мгС м^{-3}сут^{-1}$ (Инструкции по культивированию приморского гребешка). Таким образом, рассматриваемая акватория Амурского залива по трофическим условиям подходит для культивирования приморского гребешка без ограничений, позволяя достигать нормативных величин продуктивности плантаций –

5–10 т/га за цикл культивирования при пастбищном выращивании и до 25–30 т при индустриальном (садковом) выращивании.

Одним из наиболее продуктивных объектов культивирования является тихоокеанская мидия. В отличие от приморского гребешка, она выращивается исключительно индустриальным способом на подвесных установках. Для обеспечения пищевых потребностей 1 га подвесной плантации *Mytilus trossulus*, эксплуатируемой в двухлетнем цикле, необходимо поступление 56.9 кг $C_{орг}$ в сут (Гаврилова, Кучерявенко, 2011).

Расчеты показали, что с учетом глубины участков средняя за период исследований в 2021 г. величина продукции фитопланктона составила от 2.38 до 2.55 кг $C_{орг}$ сут⁻¹га⁻¹. Таким образом, её достаточно для покрытия от 448 до 9.23% трофических потребностей мидийной плантации.

Данная оценка не учитывает привнос органики с прилегающих акваторий, терригенные и другие возможные источники поступления органического материала. Кроме того, следует помнить, что 1 га мидийной плантации с учетом особенностей монтажа установки, в том числе выноса оттяжек, занимает до 5 га водного зеркала. Следовательно, трофические потребности мидийной плантации могут быть удовлетворены за счет продукции фитопланктона в месте её установки на 21–46%.

Представленные данные свидетельствуют, что трофические условия прибрежных вод Амурского залива могут ограничивать продуктивность мидийных плантаций, особенно в закрытых и полужакрытых акваториях со слабыми течениями. Такую возможность необходимо учитывать при оценке потенциала предприятий марикультуры и планировании развития хозяйств.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ ФОРАМИНИФЕР ЛИТОРАЛИ БУХТЫ СИШИЛИ ЖЕЛТОГО МОРЯ

Т. С. Тарасова, А. В. Романова, О. Н. Павлюк, Ю. А. Требухова
Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток
sandra_ru@bk.ru

Бухта Сишили расположена в северной части Желтого моря вблизи г. Янтай, экономика и промышленность которого стремительно развивается. Бухта имеет важное значение для провинции Шэнгдонг, являясь главным источником аквакультуры. Эстуарий р. Гуандан и трубы местных очистных сооружений создают дополнительную антропогенную нагрузку на морские сообщества бухты. Возникает необходимость оценки состояния морских прибрежных экосистем этого района. Бентосные фораминиферы широко используются в качестве экологических биоиндикаторов для оценки качества окружающей среды. Они многочисленны, разнообразны, широко распространены в морях и океанах и быстрее реагируют на изменения условий обитания по сравнению с макрофауной. О фораминиферах б. Сишили в литературе есть лишь отрывочные сведения 60-летней давности.

Сообщества бентосных фораминифер были изучены в донных осадках на трех разрезах илисто-песчаной литорали (А, А' и А") и на двух разрезах песчаной литорали (В и С). Приливный режим в бухте полусуточный, с максимальным диапазоном от 1 до 3 м. Во время отлива с каждого горизонта литорали отбирали по три–пять проб грунта. В районе исследования обнаружено 45 видов бентосных фораминифер. Доминируют представители родов *Ammonia*, *Cribrononion*, *Elphidium*, *Quinqueloculina* и *Trochammina*. Плотность поселения фораминифер на илистых грунтах варьирует от 19 до 403 экз/10 см². Наибольшая численность обнаружена в среднем и нижнем горизонтах (334–403 экз/10 см²), наименьшая характерна для верхнего горизонта литорали. Распределение фораминифер на песчаной литорали также неравномерно. Максимальные значения плотности поселения отмечены в среднем горизонте литорали С (129 экз/10 см²). Наиболее высокое видовое разнообразие отмечено в нижнем горизонте илистой литорали А и в среднем песчаной литорали С, таксономический состав насчитывал 25 видов. Минимальное количество видов характерно для песчаной литорали верхнего и среднего горизонта В.

Для оценки видового разнообразия были использованы индексы Симпсона (С), Шеннона (Н) и выравненности сообщества, или индекс Пиелу (е). Индекс С отражает «концентрацию» доминирования, в данном

случае преобладание в сообществах представителей рода *Ammonia* на станциях литорали А. Была отмечена высокая степень изменчивости форм представителей этого рода, что послужило основанием для более детальных морфометрических исследований. Минимальные значения *S* характерны для станций песчаной литорали. Более того, индексы *H* и *e* имеют максимальные значения на станциях песчаной литорали, что указывает на большое количество видов и более равномерное распределение их в сообществе. Результаты кластерного анализа, полученные с помощью программы PAST, и 2D-МДС, рассчитанные с помощью программы Primer, показали существенные различия в распределении видов внутри сообществ разрезов илистой литорали А и песчаных В и С. Станции были значительно разделены на уровне 20% сходства и только на разрезах литорали В и С сгруппированы на уровне 40% сходства. Факторный анализ выявил, что на литорали В и С прослеживается зависимость распределения видов от гранулометрического состава грунта и содержания кислорода. На станциях литорали А (станции А'1 и А'1) выявлена зависимость от содержания органического вещества.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА РУССКИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

К. О. Тевс¹, О. Г. Шевченко², М. А. Шульгина²

¹*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;*

²*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток
tevs.kirill.95@yandex.ru*

Роль фитопланктонных сообществ в функционировании прибрежных водных экосистем трудно переоценить, они выполняют роль их биоэнергетических центров и первичной трофической цепи, а также являются экологическим посредником в системе глобального взаимодействия суши и Мирового океана. Для морских экосистем умеренных широт характерны межгодовые и сезонные изменения, которые наиболее выражены на уровне сообществ микроводорослей, где наблюдается смена лидирующего комплекса. Интенсивное развитие инфраструктуры территории о-ва Русский, привело к увеличению антропогенной нагрузки на прилегающие акватории. Экологическая проблема особенно актуальна для вод, имеющих статус особо охраняемых акваторий, участков развития марикультуры и нерестилищ. К таким акваториям относятся б. Парис, где с 2013 г. находится База изучения морских млекопитающих, и б. Житкова, на берегах которой расположен Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. Исследования микроводорослей в б. Житкова ранее не проводили.

В основу работы легли планктонные сборы, выполненные в период с декабря 2018 г. по январь 2020 г. на станциях, расположенных в бухтах Парис и Житкова. Сбор проб фитопланктона производили два раза в месяц 5-литровым батометром Нискина с глубины 0.5 м, одновременно измеряя температуру и соленость воды. Объем проб составлял 1 л. Материал фиксировали раствором Утермеля, концентрирование проб проводили методом осаждения. Концентрацию хлорофилла *a* определяли с помощью двухлучевого спектрофотометра Shimadzu UV-2600. Видами, вызывающими цветение воды, считали микроводоросли, плотность которых составляла более 1 млн кл./л. Видовую идентификацию мелкоклеточных диатомовых водорослей (размер створки менее 15 мкм) проводили в трансмиссионном и сканирующем электронных микроскопах.

В период исследования обнаружен 181 таксон микроводорослей, относящихся к 7 классам: Bacillariophyceae (104), Dinophyceae (65), Chlorophyceae (4), Cryptophyceae (3), Ochrophyceae (2), Raphidophyceae (2)

и Euglenophyceae (1). Видовое разнообразие фитопланктона на обеих станциях было сопоставимо – 142 вида в б. Парис и 138 – в б. Житкова. Для б. Парис были характерны *Minidiscus comicus*, комплекс видов рода *Cyclotella*, *Plagioselmis prolunga* и *Prorocentrum triestinum*. Только в б. Житкова доминировали *Leptocylindrus minimus* и бентосные водоросли *Cocconeis* sp. и *Licmophora abbreviata*.

Анализ количественных данных показал, что на акваториях бухт плотность фитопланктона изменялась от 4.3 до 4.6 млн. кл./л, а биомасса варьировала от 24.4 до 8.9 г/м³. В б. Парис были зарегистрированы максимальные значения плотности микроводорослей в июле 2019 г., биомассы – в январе 2020 г. Сезонная динамика плотности микроводорослей в бухтах Парис и Житкова характеризовалась пятью пиками. Зимой и осенью динамика плотности микроводорослей в бухтах совпадала. Так, в январе 2019 г. пик обилия фитопланктона был обусловлен вегетацией рафидофитовых водорослей: в б. Житкова – плотность фитопланктона составила 1.1 млн. кл./л, в б. Парис – 521.8 тыс. кл./л. Зимний пик в январе 2020 г. характеризовался преобладанием в планктоне диатомовой водоросли *Thalassiosira nordenskioldii* (б. Парис – 1.6 млн. кл./л, б. Житкова – 1 млн. кл./л). В осенний период отмечали две вспышки развития микроводорослей. В сентябре цветение воды совпадало с минимумом солености (19‰); только в б. Парис (4.4 млн. кл./л) доминировали пресноводные диатомовые рода *Cyclotella* – *C. atomus* var. *gracilis*, *C. choctawhatcheeana*, а в б. Житкова (2.3 млн. кл./л) отмечали массовое развитие морских видов диатомовых *Skeletonema japonicum* и *Thalassiosira lundiana*. Второй осенний пик, в октябре, в обеих бухтах был обусловлен доминированием *S. japonicum*. Весной и летом наблюдали отличия в сезонной динамике фитопланктона бухт. Наиболее значительный летний пик плотности фитопланктона (4.6 млн. кл./л) отмечали только в б. Парис, в планктоне доминировал *Skeletonema dohrnii*. Весеннее цветение воды (1.4 млн. кл./л) регистрировали только в б. Житкова, в сообществе преобладал *Heterosigma akashiwo*.

Динамика биомассы микроводорослей преимущественно совпадала с сезонной динамикой их плотности. Виды, обеспечивавшие вспышки плотности фитопланктона, обуславливали и пики биомассы сообщества. Лишь зимой дополнительный вклад в общее значение биомассы вносил крупноклеточный *Coscinodiscus oculus-iridis*.

Анализ количественных характеристик хлорофилла *a* показал схожую динамику этого параметра в районе исследования. Отмечали 3 пика концентрации хлорофилла *a*, величиной 11.4–13.4 мг/м³ – в зимний период 2019 и 2020 гг. и осенью 2019 г. Кроме этого, в б. Житкова зарегистрировали кратковременное увеличение концентрации хлорофилла *a* в начале марта во время разрушения льда на фоне цветения рафидофитовой водоросли *H. akashiwo*. Выраженные максимумы

концентрации хлорофилла *a* были приуроченных к пикам цветения фитопланктона.

Большинство отмеченных в нашем исследовании доминирующих видов широко распространены и преобладают в планктоне умеренных вод Мирового океана. Однако *Cyclotella atomus* var. *gracilis* впервые зарегистрирован в морских водах. Впервые в морях России *Minidiscus comicus* отмечен как доминирующий вид планктона. Массовое развитие *M. comicus* в районе исследования регистрировали в сентябре при температуре 18°C. Известны случаи цветения воды, вызванные этим видом весной в Средиземном море (13°C) и в прибрежных водах Норвегии (6–7°C). *M. comicus* – вид нанопланктона с размером створки менее 5 мкм; такие организмы невозможно достоверно идентифицировать на световом уровне, что зачастую приводит к недооценке их роли в сообществе.

Одной из особенностей сезонной динамики фитопланктона в районе исследования было доминирование летом в планктоне мелкоклеточных диатомей рода *Thalassiosira*. Показано, что одновременно летом в б. Житкова доминировал комплекс *T. lundiana* и *T. tenera*, в б. Парис – *Thalassiosira* sp., *T. lundiana* и *T. pseudonana*. Вид *T. lundiana* впервые идентифицирован в северо-западной части Японского моря.

Тренд сезонной динамики количественных параметров фитопланктона в исследуемом районе в общих чертах соответствовал особенностям динамики хлорофилла *a*. В теплый период количественные параметры микроводорослей были преимущественно выше в б. Парис. В январе–марте плотность и биомасса фитопланктона были выше в б. Житкова, чем в б. Парис. В целом количественные параметры фитопланктона в районе исследования сопоставимы с таковыми как в соседних акваториях, так и в высокопродуктивных акваториях умеренных широт.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования “Приморский океанариум” ННЦМБ ДВО РАН (г. Владивосток).

ТАКСОНОМИЯ И МИРОВАЯ ФАУНА ФОРОНИД (PHORONIDA)

Е.Н. Темерева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

г. Москва

temereva@mail.ru

Форониды – отдельный тип билатерально-симметричных животных. Форониды широко распространены по всему Мировому океану и во многих акваториях достигают больших численностей. Плотность бентосных поселений этих животных достигает 100 тыс. экз/м². Такая большая численность позволяет считать форонид видами-эдификаторами, определяющими состав донных сообществ. В период размножения у большинства форонид образуются пелагические личинки, численность которых в планктоне может быть очень существенной – до 30% от общего числа планктонных организмов. Форониды выдерживают антропогенный прессинг и поселяются в экологически неблагоприятных акваториях, вытесняя оттуда доминирующие группы. Это явление получило название “форонидизация сообществ”. Всесветное распространение и большая численность делают форонид важным объектом гидробиологических исследований. Однако при проведении гидробиологических работ определение форонид до вида никогда не делается. Это связано с тем, что видовая идентификация форонид требует изготовления полных серий гистологических срезов и 3D реконструкций некоторых систем органов. По внешнему виду определение возможно провести лишь до рода, но для этого необходимо вынуть животное из трубки, что не всегда просто.

Из-за сложностей с определением таксономия форонид разработана очень плохо. В современной фауне насчитывается всего 13 видов. Однако кладистический анализ морфологических признаков форонид, обнаруженных в новых локациях, показывает, что эти виды являются новыми для науки. За последние 5 лет по находкам взрослых форонид описано два новых для науки вида. Кроме того, о разнообразии фауны форонид свидетельствуют находки их личинок, которые чаще попадают в руки исследователей и имеют более выраженные (по сравнению с взрослыми формами) определительные признаки. К настоящему времени описано более 45 личинок форонид, которые характеризуются уникальными морфотипами. Многие из этих личинок описаны из различных акваторий Мирового океана, и их видовая принадлежность не установлена.

В ходе экспедиций разных лет, организованных Институтом океанологии РАН, были обнаружены новые находки форонид в Таманском заливе Азовского моря и под Крымским мостом, вдоль

восточного побережья Черного моря (мыс Большой Утриш, Геленджикская бухта, б. Инал), а также в Охотском море, в том числе на больших глубинах.

Тщательный анализ имеющихся данных позволяет сделать следующие выводы о современном состоянии таксономии группы:

1. *Phoronis ovalis* формирует сестринскую ветвь по отношению ко всем остальным форонидам.

2. Род *Phoronopsis* является монофилетической группой.

3. Род *Phoronis* является полифилетическим, и в нем можно выделить две группы.

4. Первая группа – роющие форониды, живущие на мягких субстратах.

5. Вторая группа – сверлящие форониды, которые включают виды, живущие на твердом грунте и вид *Phoronis australis*, обитающий в трубках цериантарий.

6. *Phoronis pallida* вместе с *Phoronis embryolabi* отделяются от всех остальных роющих форонид на основании наличия у обоих видов уникальных особенностей строения.

Эти выводы важны для дальнейшей разработки таксономии группы, в том числе с применением методов молекулярной филогенетики.

Автор выражает глубокую признательность Г.А. Колючкиной, А.Б. Басину, С.В. Галкину).

Работа выполнена при поддержке РФФ (18-14-00082-П).

ГИДРОПЕРОКСИДБИЦИКЛАЗЫ – НОВЫЕ ФЕРМЕНТЫ БИОСИНТЕЗА ОКСИЛИПИНОВ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

*Я. Ю. Топоркова, Е. О. Смирнова, Н. В. Ланцова, Л. Ш. Мухтарова,
А. Н. Гречкин*

*Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, г. Казань
toporkova@kibb.knc.ru*

Окисление полиненасыщенных жирных кислот является источником важнейших биорегуляторов – оксилипинов, играющих значительную роль в регуляторных процессах, а также ответных реакциях на изменение условий окружающей среды. Например, у млекопитающих эйкозаноиды, продукты окислительных превращений жирных кислот эйкозанового ряда, принимают участие в регуляции основных физиологических функций: работы органов пищеварения, сердечно-сосудистой и респираторной систем, воспроизводства, в воспалительных процессах, анафилаксии, системах иммунного ответа. У растений оксилипины участвуют в сигнальных процессах, в коммуникации, в непосредственной защите от патогенных организмов и листогрызущих животных.

Основным источником оксилипинов у растений является липоксигеназный каскад, начинающийся с образования гидроперекисей жирных кислот при участии липоксигеназ. Дальнейший метаболизм гидроперекисей контролируется рядом ферментов, в том числе представителями семейства СУР74, неклассическими цитохромами Р450, которые включают алленоксидсинтазы, гидропероксидлиазы, дивинилэфирсинтазы и эпоксиалкогольсинтазы, а также ферменты с двойной и даже тройной активностью. В последнее время ферменты, сходные с представителями семейства СУР74, а также оксилипины, сходные по структуре с продуктами каталитического действия ферментов СУР74, выявляются у таксономически отдаленных организмов – протеобактерий, животных, бурых и красных водорослей. Выявленные ферменты по требованиям номенклатуры нельзя отнести к семейству СУР74, поэтому было введено понятие клана СУР74, объединяющее ферменты семейства СУР74, а также других семейств, проявляющих сходство с этими ферментами по структурным особенностям, механизмам каталитического действия, а также по результатам филогенетических исследований.

Оксилипины включают различные биологически активные циклопентановые производные жирных кислот, в том числе простагландины и другие простаноиды млекопитающих, а также жасмонаты и родственные соединения растений. В то же время, существуют циклопентановые жирные кислоты, механизм биосинтеза

которых остается неизвестным. Например, оксипирины красных и бурых водорослей, такие как гибридолактоны, эклониалактоны, эгрегиалактоны, циматеровые эфиры, циматеролактон и циматеролы, а также родственные продукты. История изучения этих соединений началась уже 40 лет назад, тем не менее, пути их биосинтеза не изучены, особенно учитывая их разнообразие. Практически каждый тип этих соединений характерен для определенного рода водорослей и называется по названию водоросли – эгрегиалактоны, циматеролы.

Недавний прогресс в геномном секвенировании выявил новое семейство СУР5164 неклассических Р450, родственных белкам клана СУР74. Первый обнаруженный ген СУР5164В1 бурой водоросли *Ectocarpus siliculosus* был клонирован нами в 2017 г., и рекомбинантный белок был идентифицирован как эпоксиалкогольсинтаза. В то время это был единственный охарактеризованный фермент этого семейства. Механизм каталитического действия этого фермента изучали с помощью экспериментов с использованием меченого ^{18}O и определили фермент как изомеразу (так же как гидропероксидлиазы и все изученные в дальнейшем эпоксиалкогольсинтазы). Его отнесли к клану СУР74 на основании филогенетического родства, а также сходства структурных особенностей и механизмов каталитического действия. Прогресс геномных исследований не стоит на месте. К настоящему моменту гены этого же семейства выявлены в геномах разных бурых водорослей. Кроме того, два сходных гена были обнаружены у *Plasmodiophora brassicae*, возбудителя килы капусты. Были охарактеризованы два белка – СУР5164А3 *E. siliculosus* и СУР50918А1 *P. brassicae*. Они катализируют образование бициклических циклопентановых производных жирных кислот, родственных гибридолактонам и названных плазмодиофорами и эктокарпинами. Ферменты были определены как гидропероксидбициклазы – новые ферменты биосинтеза оксипиринов.

Клонирование генов и получение рекомбинантных белков проводили при финансовой поддержке государственного задания Федерального исследовательского центра “Казанский научный центр Российской академии наук”. Работы по изучению каталитической активности рекомбинантных ферментов были выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ 20-14-00338.

СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В ПРОЛИВЕ СТАРКА

И. С. Турабжанова, И. Ю. Сухин

*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),*

г. Владивосток

tinro@vniro.ru

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* у побережья Приморья встречается на шельфе до глубины 150 м, образуя массовые скопления до глубин 30–40 м (Левин, 2000). В начале XXI века средняя плотность в поселениях трепанга в зал. Петра Великого составляла 0.024 экз/м². Общая площадь ландшафтов, заселяемых видом – 250 км². Браконьерство – главный фактор, регулирующий численность трепанга. Средняя плотность его поселений в южной части Приморья, на фоне которой начался незаконный промысел, определена как 0.11–0.14 экз/м² (Лебедев, 2006). На сегодняшний день состояние популяции дальневосточного трепанга в зал. Петра Великого оценивается как неудовлетворительное. Даже на участках с оптимальными для существования этих животных условиями не отмечается концентрированных скоплений с четкими границами, что типично для данного вида (Жильцова, Дзизюров, 2017). В настоящее время только на участках марикультуры под строгой охраной регистрируются высокие плотности, в среднем 0.2–0.5 экз/м² (Подкорытов, Масленников, 2015). За Тихоокеанским филиалом ВНИРО (ТИНРО) в проливе Старка у побережья о-ва Попова закреплен участок для товарного выращивания гидробионтов. Мониторинговые работы на поселении ведутся с 2013 г. С 2020 г. организована охрана участка от незаконного промысла.

Целью работы является получение информации о современном состоянии естественного воспроизводства дальневосточного трепанга в проливе Старка и оценка эффективности охранных мероприятий.

Обследование поселений трепанга в 2013–2022 гг. проводили водолазным гидробиологическим методом. Методика сбора была стандартной, используемой при ресурсных исследованиях. Расстояние между разрезами, в зависимости от рельефа дна и характера распределения беспозвоночных и водорослей, составляло от 100 до 300 м, расстояние между станциями на разрезе – не более 50 м. Позиционирование осуществляли с помощью спутникового навигатора «Garmin GPS 76», глубину определяли эхолотом. Работы по мониторингу поселений ценных донных гидробионтов в проливе Старка проводили по сетке стандартных разрезов.

Дальневосточный трепанг в проливе Старка отмечается преимущественно на глубинах 10–15 м. Наиболее многочислен этот объект на пластах анфельции, плотность его распределения на ней достигает 6.0 экз/м². За пределами поля анфельции трепанг встречается единично (на водолазной станции обнаруживается не более 1–2 экземпляров).

В местах обитания трепанга в проливе Старка за период с 2013 по 2017 г. уменьшились: площадь скопления – в 1.5 раза (с 80.5 до 52.2 га), плотность распределения животных – с 0.47 до 0.01 экз/м², биомасса – с 16.39 до 0.16 т, численность – с 378.2 до 5.2 тыс. экземпляров. По данным Л.В. Жильцовой, с 2013 по 2016 г. численность молоди трепанга на поле анфельции в проливе Старка значительно уменьшилась, что свидетельствует о низком уровне естественного воспроизводства в эти годы.

Однако нерегулярно, но все же происходит пополнение скоплений молодь. В 2018 г. отмечено увеличение показателей плотности распределения животных (до 0.03 экз/м²), численности (до 117.1 тыс. экземпляров) за счет мелкоразмерных особей.

О серьезном браконьерском прессинге на скопление трепанга свидетельствует то, что средняя масса трепанга в период с 2013 по 2019 г. оставалась низкой (19.9–55.4 г).

Несмотря на то, что, начиная с 2020 г., организована охрана участка от незаконного промысла, существенного увеличения плотности не отмечено. Численность трепанга с 2021 по 2022 г. уменьшилась на 56%, с 5.9 до 3.63 тыс. экземпляров. Это говорит о том, что уровень воспроизводства молоди в межгодовом аспекте не постоянен, возможны значительные провалы.

Несмотря на низкую плотность распределения, в последние два года отмечены две тенденции. Во-первых, растет средняя масса особи, что свидетельствует об увеличении выживаемости крупноразмерных голотурий. Отмечено, что с 2020 по 2022 г. средняя масса трепанга на участке заметно увеличилась (с 93.0 до 118.1 г). Это может свидетельствовать о снижении пресса на крупноразмерных особей. С другой стороны, по мере роста происходит их перераспределение – от поля анфельции в юго-восточном направлении, к берегу, на глубины 6–13.5 м, в ландшафты, более подходящие для обитания взрослых особей. Рекомендуется продолжить охрану участка, так как консервативные охраняемые мероприятия сами по себе способствуют постепенному восстановлению поселений трепанга, а для более интенсивного пополнения скопления необходимо дополнительно расселять молодь, полученную в заводских условиях.

ВИДОВОЙ СТАТУС ТРАВЯНОГО ЧИЛИМА *PANDALUS LATIROSTRIS* RATHBUN, 1902 (DECAPODA: PANDALIDAE) ИЗ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ПО ДАННЫМ СРАВНИТЕЛЬНОГО МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

С. В. Туранов^{1,2}, А. Е. Савина²

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

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
sturcoal@mail.ru

Травяной чилим *Pandalus latirostris* Rathbun, 1902 является ценным промысловым ракообразным. Его ареал простирается от корейского полуострова (южнее Инчхона) и о-ва Кюсю на юге до Южных Курил (о-в Итуруп), на севере – в заливах Терпения, Анива и Татарском проливе. В прибрежных водах зал. Петра Великого этот вид распространён, как правило, на глубинах до 5 м, на различных грунтах среди зарослей водных растений – в основном *Zostera* и, в меньшей степени, *Phyllospadix*.

Несмотря на популярность травяного чилима в качестве объекта промыслового лова, а также биологическую и экологическую изученность, видовой статус чилима до настоящего времени не подвергался сомнению, а молекулярно-генетические подходы были задействованы только при изучении его популяционной структуры на региональном уровне. В ряде случаев по результатам молекулярно-генетических сравнений удавалось выявить криптические линии в составе на первый взгляд вполне гомогенной группы фенотипов. Эти линии проявляли значимую взаимную дивергенцию на уровне нуклеотидных последовательностей ДНК. В настоящей работе впервые на основе данных анализа прямого секвенирования последовательностей митохондриальной ДНК делается предположение о существовании криптического видового разнообразия в составе *P. latirostris*

Материалом для работы послужили сборы чилима из двух точек – зал. Восток (МБС «Восток» ННЦМБ ДВО РАН) (8 экз.) и акватория б. Витязь близ м. Шульца (МЭС «Мыс Шульца» ТОИ ДВО РАН) (1 экз.), сделанные в сентябре 2020 г. Особи были генотипированы по двум фрагментам митохондриальной ДНК — *COI* и *16S* рРНК. Сравнительный анализ по фрагменту *COI* не дал конкретных результатов в определении видовой принадлежности особей, так как референсный материал не содержит последовательностей данного вида. Однако удалось установить, что ближайшие видовые линии отличаются от особей из нашей выборки не менее чем на 11%. Сами последовательности

формировали общий кластер с представителем рода *Pandalopsis* и *Pandalus dispar*. Благодаря сравнительному анализу на основе фрагмента 16S рРНК удалось получить более конкретные сведения. В выборку входила последовательность *P. latirostris*, полученная от особи, собранной близ типового местообитания вида (г. Муроран, о-в Хоккайдо). Она, как и последовательность вида *P. hypsinotus*, отличалась от особей чилима из зал. Петра Великого на 1.5%. Внутривидовая изменчивость особей из нашей выборки не превышала 0.1%.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПЕСЧАНЫХ ПОБЕРЕЖИЙ

Н. П. Фадеева¹, А. А. Набокина^{1,2}, М. В. Сухомлинова¹

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;

²Приморский океанариум – филиал Национального научного центра
морской биологии ДВО РАН, г. Владивосток

primocean@primocean.ru

nabokina_aa@dvfu.ru, fadeeva.np@dvfu.ru

Песчаные пляжи составляют две трети всех прибрежных экосистем мира, являясь одной из главных туристических и рекреационных достопримечательностей большинства прибрежных городов. Их широкое использование и социально-экономическое значение для нашего общества контрастируют с отсутствием оценок и мер по обеспечению сохранения этих сред по сравнению с другими прибрежными районами (Santos et al., 2019). В последние годы биомониторинг стал одним из наиболее проверенных методов оценки воздействия на окружающую среду, поскольку использование живых организмов, благодаря их способности к адаптации, обеспечивает комплексное реагирование на биотические и экологические переменные, присутствующие в экосистеме. Управление этой критической зоной требует надежных, передовых инструментов, которые отражают лучшее понимание прибрежных процессов. Однако до сих пор отсутствует долгосрочный прибрежный мониторинг песчаных пляжей. Слабо изучены ключевые физические процессы, которые приводят к изменениям в этой зоне с течением времени.

Структурная организация и пространственно-временная изменчивость интерстициальной мейофауны (все многоклеточные животные размером в диапазоне от 38 мкм до 1 мм) малопривливаемых пляжей с преобладающим волновым воздействием слабо исследованы.

Нематоды – наиболее подходящие организмы, используемые в исследованиях биомониторинга, поскольку они представляют собой распространенную группу многоклеточных животных из морских грунтов и могут быть обнаружены во всех типах окружающей среды, независимо от ее экологического статуса и при любых климатических условиях (Фадеева, 2011; Carrigo et al., 2013; Zepilli et al., 2015). Ряд ключевых особенностей, таких как их короткий жизненный цикл, высокая численность, небольшие размеры и простое строение тела (Giere, 2009) также делают нематод более подходящими для использования в качестве биоиндикаторов по сравнению с традиционно изучаемой макро- и мегафауной песчаных пляжей.

Помимо антропогенного давления, на распределение скоплений нематод влияют переменные окружающей среды, такие как грунты, количество доступного органического вещества, температура, растворенный кислород, соленость и гранулометрические характеристики (средний размер зерна и коэффициент сортировки осадка).

Учитывая большую важность песчаных пляжей и использование биомониторинга как надежного метода экологической оценки, задачей данного исследования была попытка оценить экологический статус и охарактеризовать некоторые песчаные бухты с использованием количественной оценки нематод.

Были исследованы три песчаные бухты (Триозерье, Литовка, Бойсмана) открытого побережья Японского моря. Выбор пляжей был основан на различном уровне плотности населения и частоте их использования. Донные отложения исследованных бухт относятся к мелкозернистым пескам, характеризующимся явным преобладанием песка (в пробе преобладают частицы размером 0.25–0.1 мм, в среднем 85.3%), за которым следуют ил (32.9%) и глина (0.2%), за исключением б. Бойсмана, в которой илистый песок был доминирующей фракцией (62%), за которой следовал песок (54.8%). Такой гранулометрический состав грунта, как известно, вызван преобладанием волн на приливно-отливных пляжах данного типа (Short, 1999).

В целом, не было отмечено существенных гранулометрических различий (размер зерна, сортировка, асимметрия, распределение по классам размеров) между туристическими и нетуристическими бухтами. Коэффициент сортировки S_0 варьировал от 0.57 до 0.76 (< 2.5), что указывает на умеренно или хорошо сортированный грунт, и статистически не отличался между бухтами. Общее содержание органического вещества было низким (от 0.02 до 0.1%), а средние значения были выше на пляже б. Литовка (0.1%).

При изучении видовой структуры нематоценов учитывали две составляющие: видовое богатство (или насыщенность видами) и равномерность их распределения. Наиболее представительными семействами были *Xyalidae*, *Chromadoridae*, *Desmodoridae* и *Thoracostomopsidae*. Видовой состав трех таксоценов нематод бухт Японского моря включал 31 вид. По представительству родов нематод изученные акватории сходны с таковыми в разных районах мира (Heip et al., 1985; Чесунов, 2006; Santos et al., 2019).

Результаты анализа трофической структуры нематоценов показали, что фитофаги (2А) доминируют по численности в бухтах Триозерье и Бойсмана. Анализ ANOSIM на основе матрицы трофической структуры нематоценов бухт показал, что состав нематод также различался (глобальный тест ANOSIM, $P=0.067\%$). В частности, явное

доминирование фитофагов 2А было отмечено в б. Бойсмана и достигало 58% от численности нематод. На втором месте были неселективные потребители органического вещества, за исключением б. Литовка, где они несколько опережали фитофагов.

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКАХ
СЕМЕЙСТВА PARVAPLUSTRIDAE (GASTROPODA:
НТЕРОВРАНЧИА) БЕРИНГОВА МОРЯ**

**Е. М. Чабан¹, Д. М. Щепетов², И. А. Екимова², И. О. Нехаев³,
А. В. Чернышев⁴**

¹Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург;
echaban@zin.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва;

denlior@gmail.com

irenekimova@gmail.com

³Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург;

inekhaev@gmail.com

⁴Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, г. Владивосток

nemertea1969@gmail.com

При изучении восстановительных биотопов в юго-западной части Берингова моря, во время экспедиций Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, в 75 и 82 рейсах НИС “Академик М.А. Лаврентьев” в мае–июне 2016 г. и июне–июле 2018 г. соответственно, были собраны представители четырех видов раковинных заднежаберных моллюсков семейств Parvaplustridae (164 экз.), Cylichnidae (4 экз.) и Philinidae (1 экз.). Представители семейства Parvaplustridae впервые собраны в Беринговом море на глубине 400–472 м. Это наиболее северная находка, и обнаружены они на склонах подводного вулкана Пийпа (~ 55°N, 167°E). Вулкан Пийпа имеет две зоны гидротермальной активности на Северной и Южной вершинах. В этих зонах гидротермальная вентиляция поддерживает интенсивно развивающиеся бактериальные маты и разнообразные сообщества макробентоса, основанные на хемосинтезе (Galkin et al., 2019). Судя по фотографиям, сделанным с помощью телеуправляемого необитаемого подводного аппарата “Comanche-18”, парваплюстры активно заселяют поверхности дна, покрытые бактериальными пленками, где плотность их поселения оцениваем в 6000–31000 экз/м². Особи были собраны с помощью пылесоса, который сохраняет их тонкую раковину высотой 1.5–3.5 мм, но хуже, чем следжи, с помощью которых были собраны *P. japonicum* в Японском море.

Монотипическое семейство Parvaplustridae Brenzinger, Schrödl & Капо, 2021 в настоящее время представлено тремя видами: типовым видом *Parvaplustrum tenerum* Powell, 1951, собранным в Атлантическом

секторе Субантарктики (р-н Фолклендских островов), и двумя видами из северных районов Тихого океана – *P. japonicum* Chaban & Chernyshev, 2012 из Японского моря и *P. cadieni* Valdés, Gosliner & Warén, 2017 из окрестностей Калифорнии. Парваплюстры из района гидротерм Берингова моря отличаются от всех известных видов рода пропорциями и скульптурой раковины, а также морфологией челюстей, и относятся к новому для науки виду.

Собранный материал был частично зафиксирован в 96% спирте, что дало возможность осуществить молекулярный анализ по митохондриальным (цитохром *c* оксидаза субъединица I и 16S рРНК) и ядерным (гистон H3 и 28S рРНК) маркерам. Сравнение молекулярных данных нового вида и экземпляра из Калифорнии, определенного ранее как *P. cadieni*, выявило идентичность сиквенсов особей из Берингова моря и северо-восточной Пацифики, где парваплюстры были собраны также в хемосинтетических сообществах, как в зонах углеводородных высачиваний и в останках китов, так и в глубоководных бухтах, богатых органическими отложениями (Valdés et al., 2017). Мы предполагаем, что парваплюстры питаются бактериальными матами, зачерпывая пищу своими тонкими лепестковидными зубами радулы.

Parvaplustrum cadieni и новый вид были обнаружены только в восстановительных биоценозах. Для других двух видов, *P. tenerum* и *P. japonicum*, связь с восстановительными сообществами не отмечена. Можно лишь указать, что находки последних видов в указанных районах не были случайными: *P. tenerum* был отмечен как ‘abundant’ (Marcus Ev. Marcus Eг., 1969), а количество *P. japonicum* в пробе колебалось от 17 до 78 экземпляров (Chaban, Chernyshev, 2013).

Авторы благодарны капитану и команде НИС “Академик М.А. Лаврентьев”, команде, работавшей с подводным аппаратом “Comanche 18” и участникам рейса, разбиравшим и фиксировавшим материал на борту судна. Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 1021051402797-9 (для ЕЧ) и поддержана грантом РФФИ № 20-74-10012 (для ЕЧ, ИЕ и ДЦ).

**ФИЛОГЕНИЯ РОГАТКОВЫХ РЫБ (СЕМЕЙСТВО COTTIDAE)
НА БАЗЕ ПОЛНЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГЕНОМОВ****Э. В. Черепкова^{1,2}, Е. С. Балакирев^{1,2}**¹*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского,
г. Владивосток;*²*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
poi-10@list.ru*

Рогатковые или Керчаковые (сем. Cottidae) представляют собой одно из самых крупных и морфологически разнообразных семейств морских и пресноводных Лучепёрых рыб отряда Скорпенообразных. Изучаемая группа рыб широко распространена в водах Мирового океана. Ареал семейства простирается от северного полушария, захватывая восточную Австралию, прибрежные воды Новой Зеландии до южного полушария. При этом биология рыб изучена недостаточно, и систематика даже взрослых особей не вполне ясна. Имеется большое количество работ, посвящённых исследованию генетических данных и установлению систематики данной группы рыб. Однако единой систематизированной классификации Рогатковых так и не представлено. На основе большого количества морфологических и немногочисленных опубликованных молекулярных филогенетических данных была проведена работа по анализу полученных молекулярных данных, направленная на решение проблемы филогении и таксономии Рогатковых.

Использование в работе именно митохондриального генома объясняется тем, что митохондриальная ДНК (мтДНК) животных характеризуется рядом свойств, делающих ее подходящей и удобной для исследования (Avisе, 2000). Небольшой размер молекулы, в 5–10 раз более высокая скорость эволюции последовательностей митохондриальных генов по сравнению с ядерными локусами, гаплоидное материнское наследование (Brown et al., 1979; Attardi, 1985; Virky, 2001) – всё это позволяет наиболее точно проводить определение близкородственных таксонов.

Целью работы был анализ полного митохондриального генома (ПМГ) исследуемых видов подотряда Cottoidei и установление филогенетических отношений на его основе.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1) собрать ПМГ представителей семейства Cottidae и реконструировать филогенетические отношения при помощи биоинформатических программ;

2) проанализировать структуру и особенности строения собранных геномов;

3) установить происхождение изучаемой группы рыб;

4) установить сигналы рекомбинаций и их влияние на филогенетические отношения изучаемой группы рыб;

5) определить значения генетической дивергенции внутри семейства Cottidae;

6) выполнить анализ датировок на основе молекулярных данных и проследить эволюционную хронологию семейства Рогатковые.

После проведения исследования были сформулированы выводы:

1. Биоинформатический анализ генома показал, что его размер варьирует от 16 513 до 16 639 п.н. В геноме локализуются 37 генов для 13 белков, 22 гена тРНК, 2 гена рРНК и некодирующая область длиной от 853 до 1325 п.н.

2. Анализ на основе ПМГ для семейства Рогатковые не противоречит описанной ранее систематике, но позволяют представить более точные и достоверные данные о взаимоотношении видов внутри семейства. Уточнены положения родов *Cottus*, *Mesocottus* и *Muohoccephalus*. Найдена предковая группа рыб – семейство морских рыб Liparidae.

3. Филогенетические построения показали близость группы морских представителей Cottidae к предковой группе рыб Liparidae. Данные были подтверждены полученными значениями генетических дистанций.

4. Оценка сигналов рекомбинации позволила установить их влияние на топологию филогенетического дерева. Для получения истинной картины филогенетических отношений между видами семейства требуется построение дерева без рекомбинативных фрагментов.

5. Полученные данные позволили установить даты расхождения родственных групп Cottidae, уточнить временные рамки возникновения изучаемой группы рыб.

**ФАКТОРЫ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗНАЧЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
УСВОЕННОЙ ЭНЕРГИИ НА РОСТ/ПРОДУКЦИЮ
ГИДРОБИОНТОВ И ДЛИНУ ТРОФИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

Н. В. Шадрин

*Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
snickolai@yandex.ru*

В.С. Ивлев ввел в гидробиологию/экологию коэффициент эффективности использования усвоенной энергии на рост/продукцию (K_2), который применяется для интегральной биоэнергетической характеристики отдельных особей/популяций, а также для понимания организации и динамики трофических сетей в сообществах. Чтобы оценить, каких теоретически возможных максимальных значений этот показатель может достигать в природе, используем уравнение:

$$K_2 = P/A = (A - (R_o + R_a + \text{СДДП}))/A = 1 - (R_o + R_a + \text{СДДП})/A \quad (1)$$

где P – продукция, A – ассимилированная энергия, R_o – основной обмен, R_a – активный обмен, СДДП – специфическое действие пищи (траты на переработку пищи и рост), все в одних энергетических единицах.

Даже если пренебречь R_a для очень высоких концентраций пищи, у питающихся организмов остаются две составляющие трат на обмен – R_o и СДДП. Зависимость СДДП от количества ассимилированной энергии, как показывают данные многих авторов, можно описать уравнением:

$$\text{СДДП} = \gamma A \quad (2)$$

где γ – коэффициент.

Коэффициент γ , как показано для разных таксонов, почти не зависит от массы тела, но прямо пропорционален ассимилированной энергии. Величина СДДП может составлять в среднем до 25–50% суммарных трат на обмен. Для беспозвоночных среднее значение коэффициента в уравнении (2) составляет 11.0 (± 1.4) %, а для рыб 15.6 (± 0.7) %. С помощью этих средних значений показано, что максимально возможные величины K_2 для беспозвоночных находятся в пределах от 0.39 до 0.72, а для рыб – от 0.29 до 0.72. В среднем усвояемость (u) животной пищи можно принять равной 0.8, а растительной – 0.6. Учитывая это, теоретически максимально возможные значения коэффициента K_1 (эффективность использования рациона на рост) для

растительных будут от 0.24 до 0.43 (беспозвоночные) и от 0.17 до 0.43 (рыбы), соответственно для хищников – от 0.31 до 0.57 (беспозвоночные) и от 0.23 до 0.57 (рыбы). Такие максимально высокие значения K_2 и K_1 вряд ли где-то реализуются в природе, разве что на самых ранних стадиях онтогенеза. С увеличением массы тела эти коэффициенты убывают. Существует множество причин и факторов, которые обуславливают значительно более низкие значения этих коэффициентов в природе. Например, увеличение температуры, солености и уровня загрязнения может существенно снижать их, как и ухудшение условий питания, например, концентрации пищи. Ассимилированная энергия, как и рацион, положительно зависит от концентрации и калорийности пищи. Предположим, что K_2 в популяции равен 0.4 при максимальном рационе, тогда из уравнения (1) следует, что снижение рациона от максимального в 2–3 раза уменьшит K_2 практически до нуля. Повышение температуры, уровня загрязнения, понижение/повышение солености также могут приводить к уменьшению K_2 практически до нуля, т.е. делать существование популяции невозможным. Уменьшение K_1 показывает уменьшение передаваемой продукции нижележащего уровня на вышележащий трофический уровень, в этом случае трофические цепочки будут укорачиваться. Это и наблюдается в экстремальной среде, где, как правило, траты на обмен растут, а рацион при той же концентрации пищи убывает. Исходя из этого, еще раз подчеркнем, что с использованием балансово-энергетического подхода можно лишь очертить границы возможного. Множество биологических и абиотических факторов обуславливают реализацию возможного потенциала продуцирования, и это множество является внешним, в значительной степени, случайным воздействием на рассматриваемые особи или их популяции.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект № 18-16-00001).

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГОРБУШИ ЗАПАДНОГО И ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖИЙ КАМЧАТКИ

Е. А. Шевляков, Н. А. Дедерер

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО),

г. Владивосток

evgeniy.shevlyakov@tinro-center.ru;

nikita.dederer@tinro-center.ru

История лососевого промысла на Камчатке превышает 100 лет, за это время накоплено значительное количество статистических данных, которые позволяют в рамках западного и северо-восточного побережий Камчатки выделить совокупности рек, имеющих между собой наибольшую степень сходства в динамике репродуктивного запаса горбуши. По результатам кластерного анализа реки объединены в группы по принципу географической близости, подразумевающей определенную общность фоновых условий воспроизводства в период нереста, инкубации, пресноводного и раннего морского периода жизни молоди. Эти группы рек представляют собой некие субпопуляционные формации со специфичной динамикой численности в рамках единого регионального популяционного комплекса. Наиболее высокая степень структурированности и величины сходства динамики численности производителей на нерестилищах характерна именно для неурожайных поколений, что может быть связано с минимальным уровнем стрейнга производителей в такие годы.

Выделение функциональных группировок позволило оценить степень их вклада в воспроизводство в относительных величинах, основанное на имеющихся рядах данных по пропуску производителей на нерест в период 1957–1993 гг. Этому периоду соответствуют наиболее полные и качественные данные, а также данные по вылову горбуши на участках, приписанных к конкретным водотокам, которые есть только с начала 1990-х годов (1994–2020 гг.). Объединив их, можно экстраполировать комбинированный ряд на генерализированные данные по вылову горбуши на рассматриваемых побережьях Камчатки за период 1957–2020 гг. в рамках выделенных группировок производителей, то есть дискретно по группам на более чем 60-летний период, не охваченный ни одним массивом фактических данных.

Для обоих побережий отмечена значимая роль северных группировок в период депрессии запасов или в рамках неурожайных линий. С ростом общей численности запасов их значимость как структурного компонента снижалась, численность при этом оставалась

неизменной, или росла, но непропорционально медленно. Кардинальное увеличение запасов второй половины 1980–1990-х гг. осуществлялось почти исключительно за счет самых южных группировок на побережьях. Группировки более высоких широт в этот период либо не обеспечивали никакого вклада в формирование роста численности в рамках макрокомплекса региональных стад, либо их вклад был непропорционально мал.

Второе с начала 2000-х годов увеличение запасов также обеспечивалось южными группировками, вклад относительно более северных группировок возрастал, однако абсолютный вклад самых южных групп в общее воспроизводство и уловы на этом этапе не увеличился, что может указывать на достижение верхнего предела их репродуктивного потенциала.

На современном этапе прирост вылова к предыдущему периоду осуществляется и возможен исключительно за счет увеличения воспроизводства в группе водоемов, приуроченных к р. Воровская на западном побережье Камчатки, и, в меньшей степени, на восточном побережье в группах рек северной части Карагинского и Олюторского заливов. В ближайшее время перспектива роста запасов не выявлена в наиболее северных районах воспроизводства горбуши, где уровень воспроизводства в последние годы несущественно растет, но общий потенциал не позволяет рассчитывать на увеличение вылова.

Последовательное вовлечение в расширенное и нарастающее воспроизводство группировок горбуши высоких широт, а также формирование поколений высокой и экстремально высокой численности в относительно южных широтах, по нашему мнению, может осуществляться в контексте общего мирового тренда повышения температурного фона. Интенсификация весенних процессов и прогрева верхнего слоя водных масс к периоду массового ската молоди горбуши из рек обеспечивают гарантированное формирование стартовой кормовой базы, которое приводит в итоге к улучшению условий для выживания молоди на ранних критических этапах жизненного цикла в морском прибрежье и более полной реализации репродуктивного потенциала поколений.

Поступательное и последовательное изменение вклада отдельных группировок в общее воспроизводство и уловы на примере двух региональных макрокомплексов горбуши, функционирующих на разных побережьях, омываемых разными морями, на наш взгляд, убедительно свидетельствует в пользу теории локальных стад в организации вида. При этом в роли локального стада выступает не одна река, а группа рек, объединенных общностью условий воспроизводства.

**СТРЕССОВЫЕ ОТВЕТЫ ДИНОФИТОВОЙ ВОДОРОСЛИ
PROROCENTRUM CORDATUM (OSTENFELD) DODGE, 1975 НА
ПРИСУТСТВИЕ В СРЕДЕ МЕДИ В ИОННОЙ И НАНОФОРМЕ**

Н. Ю. Шоман, Е. С. Соломонова, А. И. Акимов, О. А. Рылькова

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

г. Севастополь

n-zaichencko@yandex.ru

Инженерные наночастицы (НЧ) являются новыми материалами, широко применяемыми во всех областях деятельности человека. Рост объемов их производства и успешное внедрение вызывают естественные опасения по поводу проявления специфических наноразмерных эффектов у живых организмов. При этом в опасной зоне риска находятся водные организмы. Изменение размеров частиц приводит к изменению физико-химических свойств материалов, вследствие чего при взаимодействии НЧ с клетками живых организмов могут наблюдаться особенности, не типичные для их крупнокристаллических аналогов. Из всего разнообразия НЧ металлов особое внимание в нанотоксикологических исследованиях водных биоценозов уделяется наночастицам оксида меди. Это обусловлено тем, что они входят в состав более чем 95% противообрастающих красок, из которых выщелачиваются в воду в большом количестве. Кроме того, НЧ оксида меди активно используются для борьбы с патогенами, такими как грибы и бактерии.

Проведено комплексное исследование стрессовых откликов динофитовой микроводоросли *Prorocentrum cordatum* (штамм IBSS-64), вызывающей вспышки массового цветения в водах Черного моря и относящейся к потенциально токсичным видам, при добавлении в среду НЧ CuO и ионов меди (в виде $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) разной концентрации. Отмечен стимулирующий эффект низких концентраций ионов меди (30 мкг/л) на продукционные характеристики водорослей. Добавление в среду для культивирования Cu^{2+} в концентрации 60–600 мкг/л и НЧ CuO в концентрации от 100 до 520 мкг/л угнетало рост водорослей. Показано, что медь в ионной форме более токсична для *P. cordatum*, чем в виде наноксида. Значения EC_{50} , рассчитанные по численности клеток через 72 ч культивирования водорослей в среде с CuSO_4 и НЧ CuO , составляли 60 и 280 мкг/л (в расчете на ионы меди), соответственно. Предложена гипотеза, что замедление роста водорослей при воздействии CuSO_4 и НЧ CuO обусловлено нарушением цикла клеточного деления, изменением морфологии ядер, рассеиванием хроматина и повреждением ДНК.

Показано, что исследуемые поллютанты слабо влияют на эффективность работы фотосинтетического аппарата *P. cordatum*. Снижение эффективности его работы до 0.4–0.5 отмечено только при

концентрациях меди, вызывающих выраженное угнетение роста *P. cordatum*, приводящее к последующей гибели клеток.

Добавление поллютантов в культуральную среду приводило к увеличению продукции активных форм кислорода (АФК), индуцирующих окислительный стресс в клетках водорослей. При концентрациях Cu^{2+} 0–120 мкг/л и НЧ CuO 0–300 мкг/л это повышение имело краткосрочный характер. Последующее снижение продукции АФК происходило на фоне увеличения зеленой автофлуоресценции клеток, отражающей содержание антиоксиданта перидинина. При сублетальных концентрациях меди (400–600 мкг/л CuSO_4 , 520 мкг/л НЧ CuO) высокие значения продукции АФК сохранялись на протяжении всего эксперимента, в то время как автофлуоресценция клеток в зеленой области спектра не отличалась от контроля.

Отмечена перестройка клеточных покровов у *P. cordatum* при воздействии ионов меди: экдизис и формирование неподвижных стадий – временных или покоящихся цист. При культивировании водорослей в среде с НЧ CuO наблюдалось механическое воздействие наночастиц на поверхность клеток: деформация и повреждение клеточной стенки, ее «сморщивание» и усадка, а также адсорбция агломератов НЧ.

Работа выполнена в рамках тем государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № 121041400077-1 “Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом” и № 121030300149-0 “Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса”.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОРСКОГО ЛЬДА ПРИБРЕЖЬЯ ВЛАДИВОСТОКА

Е. А. Юрикова

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

Исследование флористического состава и количественных характеристик сообщества микроводорослей, как важнейшего автотрофного микрокомпонента морского льда, проводили в бухтах Воевода и Новик (о-в Русский, зал. Петра Великого, Японское море) в зимние периоды 2020 и 2021 гг., а также в Амурском заливе в районе ННЦМБ ДВО РАН в зимний период 2022 г.

За весь период исследований идентифицировано 112 видов микроводорослей. Из них в бухтах о-ва Русский обнаружено 88 видов, в Амурском заливе – 87. Среди доминирующих во флористическом сообществе морского льда видов подавляющее большинство – диатомовые водоросли: *Chaetoceros socialis* f. *radians*, *Detonula confervacea*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia frigida*, *N.* cf. *arctica*, *Skeletonema* spp. complex, *Thalassiosira* cf. *pseudonana*, *T. nordenskioeldii*, а также представитель криптофитовых водорослей *Plagioselmis* sp.

Таксономическая структура сообщества микроводорослей льдов сходна с качественным составом фитопланктона в зимний период. Основу сообщества составляли диатомовые водоросли (до 99%), также многочисленными были динофлагелляты и зеленые водоросли. Наименьшей численностью отличались силикофлагелляты и эвгленовые водоросли. Показано доминирование криптофитовых водорослей (до 67%) в фитопланктоне о-ва Русский.

Для бухт о-ва Русский установлена тенденция в распределении численности и биомассы представителей флористического сообщества по слоям ледовых кернов. Так, в 2020 г. в б. Воевода максимальная численность водорослей наблюдалась в верхнем слое ледового керна, которая постепенно снижалась ближе к границе с подледной водой. Средняя численность во льду при этом превысила численность клеток в подледной воде в 7.3 раза. В б. Новик численность была равномерно распределена по всему керну. При этом в подледной воде численность клеток превысила среднюю численность во льду в 13 раз. Распределение биомассы в б. Воевода сходно с численностью, а в б. Новик объем биомассы в подледной воде превысил среднее значение во льду в 9.4 раза. В 2021 г. в б. Воевода наблюдалась обратная ситуация в распределении численности по сравнению с предыдущим годом. В верхних слоях керна она была минимальной, постепенно возрастая при продвижении вниз к

границе с подледной водой. В подледной воде была отмечена численность клеток выше, чем во льду в 7.4 раза. В б. Новик максимальная численность водорослей наблюдалась в верхнем слое керна, но при этом в целом равномерно распределялась по всем слоям. Подо льдом численность клеток была в 3 раза выше, чем во льду. Биомасса в подледной воде б. Воевода превышала среднюю по ледовому керну в 3 раза, а в б. Новик – в 12 раз.

Таким образом, установлен достаточно высокий уровень видового разнообразия и количественного обилия флористического сообщества ледового покрова в бухтах о-ва Русский и в Амурском заливе. Требуется дальнейшее расширение исследования морского льда в зал. Петра Великого, поскольку на данной географической широте только в этой акватории способен формироваться устойчивый ледовый покров в течение продолжительного времени.

**ООГЕНЕЗ ГЛУБОКОВОДНОГО ДВУСТВОРЧАТОГО
МОЛЛЮСКА *CALYPTOGENA PACIFICA* (VESICOMYIDAE:
PLIOCARDIINAE)**

О. В. Юрченко, О. Г. Борзых, А. В. Калачев

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

Глубоководные гидротермы – уникальные биотопы, характеризующиеся, с одной стороны, постоянством гидрологических параметров (температура, давление, химический состав воды и осадков), с другой стороны, зависимостью от химического состава высачиваний. Изменения в химическом составе могут привести к гибели сообщества. Однако глубоководные организмы способны расселяться и занимать новые ареалы. Расселение происходит на личиночной стадии. Данные о личинках глубоководных двустворчатых моллюсков очень немногочисленны. Личинки, преодолевающие большие расстояния до оседания на новом месте, должны иметь значительные энергетические запасы, передающиеся им от ооцитов. Согласно литературным данным, зрелые ооциты *Calyptogena pacifica* довольно крупные, около 200 мкм в диаметре, с большим содержанием желтка (Drozdov et al., 2019). Вероятно, такой ооцит дает начало личинке лецитотрофного типа.

Целью настоящего исследования было изучение морфологических аспектов формирования женских половых клеток у глубоководного двустворчатого моллюска *C. pacifica* с использованием световой и электронной микроскопии.

Развитие половых клеток происходит в ацинусах, погруженных в матрикс из соединительной ткани, представленной главным образом гемоцитами. В женских гонадах на одном срезе состояние ацинусов может варьировать от практически полного отсутствия развивающихся половых клеток (посленерестовая стадия) до присутствия половых клеток всех стадий (стадия активного гаметогенеза). Аналогичная картина с ацинусами с различным клеточным составом наблюдалась в мужских гонадах.

Среди женских половых клеток отмечены оогонии, превителлогенные ооциты, вителлогенные ооциты разной интенсивности вителлогенеза, зрелые и дегенерирующие ооциты.

Оогонии расположены возле стенки гонады одиночно или группками. Каждая клетка содержит ядро с ядрышком гетерогенной структуры. В цитоплазме отмечены герминальные гранулы в комплексе с митохондриями и редкие цистерны эндоплазматического ретикулула.

Превителлогенные ооциты характеризуются большими размерами, очень редкими липидными каплями и кольцевыми пластинками. На следующей стадии происходит увеличение объема клетки. Форма ее несколько удлиняется по направлению к просвету ацинуса, при этом она соединена со стенкой ацинуса широким основанием. На этой стадии происходит активное накопление митохондрий; липидные включения не обнаруживаются, поэтому наличие редких липидных капель на предыдущей стадии мы не связываем с вителлогенезом. Возможно, что эти редкие включения используются клеткой в ходе развития.

Последующие изменения связаны с активным накоплением липидных включений. Клетка приобретает удлиненную, грушевидную форму, сохраняя связь со стенкой ацинуса посредством стебелька. На этой стадии ядро с кольцевым ядрышком занимает центральное положение в клетке; различима четкая сегрегация цитоплазмы. Стебелек содержит множественные митохондрии и электроно-прозрачные везикулы округлой или удлиненной формы (предположительно последние представляют собой везикулярную форму эндоплазматического ретикулума). В стебельке происходит активная аккумуляция липидных капель. Появляются первые электроно-плотные гранулы в кортикальном слое. Апикальная поверхность ооцита лишена включений и представляет собой гликогеновую «шапочку». В области стебелька обнаруживаются короткие и редкие десмосомо-подобные контакты со вспомогательными клетками. Поверхность ооцита несет микровилли выше зоны контакта со вспомогательными клетками. Апикальная поверхность ооцита гладкая.

В ходе позднего вителлогенеза липидные капли сливаются, формируя крупные образования величиной до 3 мкм. Появляются крупные желточные гранулы такого же размера. Распределение электроно-плотных гранул может быть неравномерным в цитоплазме ооцита, но кортикальные мелкие гранулы занимают периферическую позицию по всей поверхности ооцита (за исключением зоны контакта стебелька со стенкой ацинуса). Зрелый ооцит округлый, располагается в просвете ацинуса. Диаметр зрелого ооцита около 200 мкм. Микровилли и внеклеточный матрикс формируют оболочку зрелого ооцита. Желточные и липидные гранулы распределены в цитоплазме равномерно, однако доля липидных включений значительно выше (более 80%). Дегенерирующие ооциты наблюдаются практически во всех ацинусах.

В целом, процесс формирования женских гамет у *S. pacifica* сходен с таковым у литоральных видов двустворчатых моллюсков. Оогенез солитарного типа с признаками ауто- и гетеросинтеза желточных гранул. Вителлогенез происходит при активном функционировании вспомогательных клеток, о чем свидетельствуют хорошо развитый в их

цитоплазме эндоплазматический ретикулум и наличие межклеточных контактов. Дегенерирующие ооциты являются дополнительным источником питательных веществ, хотя признаков фагоцитоза развивающимися ооцитами отмечено не было. Большое количество липидной фракции в ооцитах означает наличие большого энергетического резерва у будущего потомства. Присутствие половых клеток всех стадий, видимо, связано с множественным нерестом (порционным высвобождением ооцитов), который был задокументирован ранее японскими учеными (Fujikura et al., 2007) и является признаком невыраженного репродуктивного цикла. Постоянная продукция половых клеток, вероятно, является репродуктивной адаптацией организмов, обитающих в изменяющихся условиях среды.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (грант 13.1902.21.0012).

**ВЫЯВЛЕНИЕ ХИЧХАЙКИНГА В ЕСТЕСТВЕННЫХ
ПОПУЛЯЦИЯХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА
APOSTICHOPUS JAPONICUS ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЯПОНСКОГО МОРЯ**

В. Д. Ягодина, Е. И. Бондарь

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

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* – важный промысловый вид в Северо-Восточной Азии, имеющий самую долгую историю эксплуатации в этом регионе. Однако с расширением масштабов производства и резким сокращением природных ресурсов за последние три десятилетия запасы диких популяций *A. japonicus* уменьшаются. Для оценки генетического разнообразия и популяционной структуры этого животного часто используются микросателлитные маркеры.

С помощью 10 микросателлитных локусов мы оценили популяционную структуру для 5 выборок трепанга в зал. Петра Великого (Японское море). В результате нами был обнаружен высокий уровень гетерогенности для этих выборок, что редко выявляется у видов морских беспозвоночных со свободноплавающей личинкой. Фактором, определяющим высокий уровень гетерогенности, может быть отличающееся давление отбора по локусам количественных признаков и сцепленным с ними микросателлитам. Когда возникает благоприятная мутация и происходит ее фиксация в популяции, она дает случайное преимущество всем генам, с которыми первоначально была связана. Этот процесс был назван «автостопом» или «хичхайкингом»; в больших популяциях он может уменьшить нейтральное разнообразие в гораздо большей степени, чем случайный генетический дрейф. При этом соседние с геном полиморфные локусы (даже нейтральные), находящиеся в неравновесном сцеплении, будут иметь тенденцию изменять частоту своих аллелей.

При определении неравновесия по сцеплению между парами локусов для всех популяций нами было выявлено статистически достоверное ($P < 0.05$) неравновесие в одной паре. Изучение частот аллелей в этих локусах показало преобладание определенных аллелей в популяциях трепанга, живущих в более теплой воде. Такая зависимость от температурного градиента обнаружена для двух аллелей выбранных локусов.

Возможно, что данные локусы находятся в сцеплении с локусами количественных признаков, устанавливающих выживаемость личинок в абиотических факторах среды. Связанное с отбором явление хичхайкинга

в данном случае может помочь определять дифференциальную выживаемость личинок в определенных локальностях и, как следствие, формирование гетерогенности.

ФИТОПЛАНКТОН В РАЙОНЕ ПОРТА ТАМАНЬ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА

О. Н. Ясакова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
yasak71@mail.ru

В последние десятилетия многие исследователи отмечали изменения, происходящие в структуре и функционировании морских планктонных сообществ в шельфовых водах российской части Черного моря (Корпакова и др., 2014; Сафронова и др., 2015; Селифонова, 2016; Сафронова, Налетова, 2017). Значительному антропогенному воздействию в первую очередь подвержены акватории крупных морских портов, таких как Тамань, грузооборот которого в 2020 г. составил 12 млн. т/год (<https://www.kommersant.ru/doc/4451369>). В то же время опубликованных материалов о состоянии фитопланктона в данном районе моря крайне мало (Луговая, Болгова, 2006; Болгова, Луговая, 2009; Ясакова, 2021). Целью нашей работы было провести исследования фитопланктона в акватории порта Тамань в осенний период 2013 г.

Исследования фитопланктона в акватории порта Тамань были проведены в ноябре 2013 г. Пробы отбирали из поверхностного и придонного слоев воды на шести станциях (с морского терминала ОАО «Таманьнефтегаз» на глубинах от 4.5 до 17 м) с помощью пластикового батометра. Пробы (1–1.5 л) сгущали методом обратной фильтрации через ядерные фильтры с диаметром пор 1–2 мкм и фиксировали раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 1–2% (Сорокин, 1979). Всего было отобрано и обработано 12 проб. Подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона производили с помощью камер Нажотта, объемом 0.05 и 0.1 мл под микроскопом Микмед-2 с объективами 10×/0.30 и 40×/0.65. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида (Брянцева и др., 2005). При идентификации видов использовали общепринятые руководства (Прошкина-Лавренко, 1963; Dodge, 1982; Tomas, 1997). В составе фитопланктона было обнаружено 64 вида планктонных водорослей, относящихся к 5 отделам: *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Cryptophyta* (криптофитовые), *Cyanophyta* (сине-зеленые водоросли). Максимальное видовое разнообразие наблюдали среди диатомовых (28 видов) и динофитовых водорослей (30 видов), другие отделы были представлены 1–3 видами. Среди них виды сине-зеленых (*Merismopedia punctata*, *Planktolyngbya limnetica*) и криптофитовых водорослей (*Plagioselmis prolunga*), показательные для загрязненных и опресненных водоемов,

присутствовали в небольшом количестве. Отсутствие эвгленовых водорослей, наряду с развитием морских видов золотистых водорослей *Octactis octonaria*, *Dictyocha speculum* и *Emiliana huxleyi*, показательных для условно чистых морских вод, свидетельствовало о благоприятной экологической обстановке в исследуемой зоне моря. Надо отметить, что в августе 2013 г. видовое разнообразие планктонных водорослей было несколько ниже (50 видов) (Ясакова, 2021). Осенью в составе фитопланктона исследуемого района моря удалось обнаружить 2 вида диатомовых водорослей: *Asterionellopsis glacialis* и *Thalassionema frauenfeldii*, которые значатся среди вселенцев в экосистеме Черного моря (Ясакова, 2010).

В осенний период были зарегистрированы значительные величины количественного развития планктонных водорослей (87.18 тыс. кл./л и 130 мг/м³). Величины численности почти в 6, а биомассы в 1.7 раза превышали значения, отмеченные в августе 2013 г. (15 тыс. кл./л и 77 мг/м) (Ясакова, 2021). Доминировали диатомовые (71% общей численности и 54% биомассы фитопланктона) и золотистые водоросли (24% общей численности), роль динофитовых была велика (41%) только в формировании биомассы фитопланктона. Среди диатомовых водорослей количественно преобладали следующие виды: *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (50% численности и 16% биомассы отдела). На уровне субдоминант развивались *Asterionellopsis glacialis*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *C. insignis*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Pseudonitzschia seriata*. Основу биомассы (66%) диатомовых водорослей формировали *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, виды рода *Chaetoceros*. Среди динофитовых массовыми (85% численности отдела) были *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Gyrodinium fusiforme*, род *Gymnodinium*. Основу биомассы отдела формировали *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Protoperidinium crassipes*, *P. divergens* и *Prorocentrum micans*. Сине-зеленые и криптофитовые составили менее 1% общей численности и биомассы.

Максимальные величины количественного развития фитопланктона (123 тыс. кл./л и 155 мг/м³) были отмечены в глубоководной зоне моря (ст. 5 и 6). В открытом море отмечали интенсивное развитие (42% численности) золотистой водоросли *Emiliana huxleyi* и крупных видов фитопланктона. Интересно, что ближе к берегу *E. huxleyi* не встречалась, обычным компонентом планктона здесь были криптофитовые и сине-зеленые водоросли. Надо отметить, что вертикальное распределение фитопланктона в осенний период, вследствие высокой гидродинамической активности вод, было довольно равномерным. Величины численности на поверхности моря и у дна составили соответственно 92 и 82 тыс. кл./л. Значения биомассы

повышались с глубиной (150 мг/м³), что почти в 1.5 раза превышало величины верхнего горизонта моря (108 мг/м³). В нижнем горизонте отмечали высокие концентрации крупных бенто-планктонных видов диатомовых водорослей *Amphora inflexa*, *Entomoneis alata*, рода *Gyrosigma*, более интенсивное развитие здесь получили диатомовая водоросль *Pseudosolenia calcar-avis* и крупные виды динофитовых родов *Ceratium* и *Protoberidinium*.

Публикация подготовлена в рамках государственного задания ЮНЦ РАН № №122011900153-9.

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Всероссийской конференции
“Морская биология в 21 веке:
систематика, генетика, экология морских организмов”
(памяти академика Олега Григорьевича Кусакина)**

20–23 сентября 2022 г.
Владивосток, Россия

**ABSTRACTS
of the All-Russian Conference
"Marine Biology in the 21st Century:
Systematics, Genetics, Ecology of Marine Organisms"
(in commemoration of the Academician Oleg G. Kussakin)**

September 20–23, 2022
Vladivostok, Russia

Отпечатано с оригинал-макета, подготовленного в ННЦМБ ДВО РАН

Дизайн обложки А. В. Терехова
Подготовка оригинал-макета С. А. Тюрин

Отпечатано в типографии ООО «ПСП95»
690000, г. Владивосток, ул. Дальзаводская, 21-35



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