

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
имени А. О. Ковалевского РАН

ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ – 2019

Материалы XI Всероссийской научно-практической
конференции молодых ученых
по проблемам водных экосистем



Севастополь
23–27 сентября 2019 г.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

PONTUS EUXINUS : XI
ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ :



PONTUS EUXINUS-2019

XI all-Russian scientific and applied for young scientists on the water systems problems,

dedicated to the remembrance of professor S. B. Gulin

Conference proceedings

Sevastopol, 23–27 September, 2019

Sevastopol

IBSS

2019

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

PONTUS EUXINUS : XI
ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ



ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ – 2019

XI Всероссийская научно-практическая конференция для молодых учёных по проблемам водных экосистем,

посвященная памяти д.б.н., проф. С. Б. Гулина

Материалы конференции

Севастополь, 23–27 сентября 2019 г.

Севастополь
ФИЦ ИНБЮМ

2019

УДК 574(063)
ББК 28.08.3я4
П56

Понт Эвксинский – 2019 : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции для молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвященной памяти д.б.н., проф. С. Б. Гулина, г. Севастополь, 23–27 сентября 2019 г. – Севастополь, 2019. – 144 с.

ISBN 978-5-6042938-2-9 ; DOI: 10.21072/978-5-6042938-2-9

Сборник включает тезисы докладов молодых ученых России, раскрывающих различные аспекты современной морской и пресноводной гидробиологии и гидроэкологии. В публикациях авторов освещаются результаты научных исследований в области динамики численности и биомассы гидробионтов, особенностях их жизненных циклов, представлены работы по изучению структуры и продукции фито- и зооценозов морей и пресноводных водоемов России. В ряде работ рассматриваются прикладные направления гидробиологии, такие как биотехнология и аквакультура, морская экотоксикология и биоиндикация.

Сборник составлен по материалам научных докладов на XI Всероссийской научно-практической конференции для молодых учёных по проблемам водных экосистем «Понт Эвксинский – 2019» (23–27 сентября 2019 г., г. Севастополь).

Сборник рассчитан на молодых специалистов в области морской и пресноводной гидробиологии, гидроэкологии, биотехнологии и аквакультуры, морской экологии и зоологии.

УДК 574(063)
ББК 28.08.3я4

Pontus Euxinus – 2019 : proceedings of XI all-Russian scientific and applied conference for young scientists on the water systems problems, dedicated to the remembrance of prof. S. B. Gulin, Sevastopol, 23–27 September, 2019. – Sevastopol, 2019. – 144 p.

The book includes abstracts of Russian young scientists, revealing various aspects of modern marine and freshwater hydrobiology and hydroecology. The abstracts highlight the results of the research on of the hydrocole number and biomass dynamics, peculiarities of their life cycles; the structure and production of marine and freshwater phyto- and zoonoses in Russia have been investigated. Some papers are devoted to the applied hydrobiology, i.e. biotechnology, aquaculture, marine ecotoxicology and bioindication.

The book was prepared on the basis of scientific reports of XI All-Russian scientific and applied conference for young scientists on the water systems problems “Pontus Euxinus – 2019” (23–27 September, 2019; Sevastopol).

The book is valuable for young scientists in the field of marine and freshwater hydrobiology, hydroecology, biotechnology, aquaculture, marine ecology and zoology.

Материалы опубликованы с сохранением авторской редакции

Печатается по решению ученого совета
Института биологии южных морей имени
А. О. Ковалевского РАН
(протокол №00 от 00.00.2019)

ISBN 978-5-6042938-2-9

© Авторы, 2019
© ФИЦ ИнБЮМ, 2019



ОРГАНИЗАТОРЫ

Совет молодых ученых ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Россия smus@imbr-ras.ru



ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Россия
www.sevsu.ru

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель программного комитета: *Егоров Виктор Николаевич* д.б.н., профессор, академик РАН, научный руководитель ФИЦ ИнБЮМ

Члены программного комитета:

Довгаль И. В., д.б.н., заведующий лабораторией Проблем идентификации видов ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН"

Солдатов А. А., д.б.н., профессор, руководитель отдела Физиологии животных и биохимии ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН"

Мильчакова Н. А., вед.н.с., руководитель лаборатории фиторесурсов ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН"

Евстигнеев В. П., к.ф.-м.н., доцент кафедры Физики Севастопольского государственного университета

Андреева А. М., д.б.н., заведующая лабораторией Экологической биохимии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина

Кивва К. К., к.г.н., начальник отдела динамики климата и водных экосистем ФГБНУ "Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии"

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: *Горбунов Роман Вячеславович* к.г.н., врио. директора ФИЦ ИНБЮМ

Сопредседатель оргкомитета: *Скуратовская Екатерина Николаевна* к.б.н., заместитель директора ФИЦ ИНБЮМ, куратор СМУ ФИЦ ИНБЮМ,

Заместитель председателя оргкомитета: *Андреева Александра Юрьевна* к.б.н., председатель СМУ ФИЦ ИНБЮМ

Члены организационного комитета:

Подзорова Д. В., м.н.с.

Кулешова О. Н., м.н.с.

Ковалева М. В., м.н.с.

Кладченко Е. С., вед. инж.

Малахова Т. В., к.б.н., с.н.с.

Кухарева Т. А., м.н.с.

Баяндина Ю. С., м.н.с.

Водясова Е. А., м.н.с.

ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ:

ООО «Спектроника»

ул. Докукина, д.16, корп.1, г. Москва, 129226, Россия
www.spektronika.ru



Профсоюза ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

СОДЕРЖАНИЕ

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ И
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

<i>Абибулаева А.Ш.</i> О целесообразности изучения прикрепленных и свободноживущих инфузорий микроперифитона Крымского побережья Черного моря	10
<i>Акулова А.Ю., Хазанова К.П.</i> Количественные показатели бактериопланктона северо-восточной части Черного моря (Туапсинский прогиб)	11
<i>Андреева А.Ю.</i> Регуляторные изменения объема и осмотическая стойкость эритроцитов карася (<i>Carassius carassius</i>) в условиях гипоксии и метгемоглобинемии	13
<i>Баймуканова Ж.М.</i> Зообентос мелководной зоны залива Кендирли (средний Каспий)	15
<i>Воронцова Е.Л.</i> Структура и динамика макрозообентоса Чухломского и Галичского озёр Костромской области	17
<i>Гандлин А.А.</i> О генетических отношениях усачей рода <i>Barbus</i> (сем. Cyprinidae) Кавказа: межвидовая гибридизация в бассейне Кубани	19
<i>Гарибян П.Г.</i> Находки теплолюбивых ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) в водоемах юга Дальнего Востока Российской Федерации	20
<i>Жихарев В.С., Золотарева Т.В., Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В.</i> Находки тропических ракообразных (Cladocera, Copepoda) в притоках Чебоксарского водохранилища	22
<i>Загумённый Д.Г.</i> Центрохелидные солнечники (Protista: Centroplasthelida) бассейнов Дона, Днепра и Волги	24
<i>Ильясова А.И., Голиков А.В., Порфирьев А.Г., Сабиров Р.М.</i> Добавочные нидаментальные железы арктических сепиолид (Cephalopoda) из Баренцева моря	25
<i>Канафина М.М., Голиков А.В., Захаров Д.В., Яковлева А.И., Сальникова М.М., Шарафутдинова Д.Н., Порфирьев А.Г., Сабиров Р.М.</i> Особенности экологии и морфологии арктической погонофоры <i>Nereilinum turmanicum</i> (Ivanov, 1961)	27
<i>Кек И.В., Дрозденко Т.В.</i> Видовой состав и экологические особенности фитопланктона озера Долгое (Псковская область)	29
<i>Кладченко Е.С., Андреева А.А., Кухарева Т.А.</i> Анализ клеточного цикла и морфофункциональных параметров гемоцитов <i>Mytilus galloprovincialis</i> , <i>Crassostrea gigas</i> и <i>Anadara kagoshimensis</i>	30
<i>Климова Н.Б.</i> Изученность зоопланктона водохранилищ Свердловской области	32
<i>Ковалёв Е.А.</i> Зообентос восточного и центрального районов Таганрогского залива	34
<i>Ковалева М.А., Надольный А.А., Макаров М.В., Копий В.Г.</i> Эпифитон морской травы рода <i>Zostera</i> в лимане Донузлав (Крым, Черное море)	36
<i>Кремкова С.А., Беспярых А.В., Евтюгин В.Г.</i> Размерно-возрастной и элементный составы раковины <i>Arctica islandica</i> (Bivalvia, Veneroidea) из акватории губы Чупа Белого моря	37
<i>Кудякова А.С., Загородняя Ю.А.</i> Количественные показатели зоопланктона в северной части Чёрного моря в июне 2018 г.	38
<i>Кулешова О.Н.</i> Возможность построения событийной модели живого организма	40
<i>Лукина В.А., Имант Е.Н.</i> О питании обыкновенного пескаря <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758) в дельтовой части р. Северная Двина	41
<i>Ляшко Т.В.</i> Сезонные изменения размеров тела <i>Acartia clausi</i> и <i>Acartia tonsa</i> в Севастопольской бухте	43
<i>Малахова Т.В., Канапацкий Т.А., Тарновецкий И.Ю., Меркель А.Ю., Гулин М.Б., Пименов Н.В.</i> Биогеохимия мелководных сипов Крымского полуострова	45

Конференция «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ - 2019»

Маркина И.А., Никитин Ф.И., Козлова Н.В. Физиолого-биохимическая характеристика молоди стерляди (<i>Acipenser ruthenus</i> L.) в нижнем течении реки Волги	46
Мирошниченко Е.С., Широаян А.Г., Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли и цианобактерии эпифитона зелёных водорослей-макрофитов Самсунского залива Чёрного моря (Турция)	48
Неретина А.Н., Алонсо М. Новый вид <i>Ceriodaphnia dana</i> , 1853 (Crustacea: Cladocera) из Средиземноморья	50
Перепелин Ю.В. Рыбозащитный комплекс как эффективная мера по предупреждению гибели рыб от ската через плотину Богучанской ГЭС	51
Петров В.Н. Диатомовые водоросли фитобентоса реки Волга (ландшафтный заказник республиканского значения «Ельня»)	53
Прокина К.И., Филиппов Д.А. Гетеротрофные жгутиконосцы болот Вологодской области	54
Пронозин А.Ю., Водясова Е.А., Старунов В.В., Кутюмов В.А. Идентификация актина и миозина для проведения <i>In Situ</i> гибридизации с помощью биоинформатических методов	56
Протопопова А.О., Брюханов А.Л. Филогенетический состав сообществ сульфатредуцирующих бактерий арктических морей	58
Прохорова Д.А., Водясова Е.А. Внутривидовая морфологическая изменчивость представителей рода <i>Gyrodactylus</i> в Черном море	60
Рыжилова И.Ю. Выделение и идентификация биолюминесцентных бактерий из водоемов Ростовской области	61
Семенова А.С. Видовой состав, структура и функционирование зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря	63
Сницкая Е.В., Питрук Д.Л., Мережкин О.Н. Представители фауны северо-западной Пацифики в экспозициях Приморского океанариума	65
Солдатов А.А., Кухарева Т.А., Андреева А.Ю., Парфенова И.А. Влияние краткосрочной гипоксической нагрузки на эритроциты морского ерша (<i>Scorpaena porcus</i> L. 1758)	66
Трубник Р.Г. Применение сульфитредуцирующих кластридий в оценке антропогенного воздействия на прибрежную зону юго-восточной части Таганрогского залива	68
Хазанова К.П., Акулова А.Ю., Ростанец Д.В. Количественные и продукционные показатели фитопланктона Туапсинского прогиба (Черное море) осенью 2017 г.	69
Цыбулевская М.В. К вопросу о состоянии популяции <i>Rapana thomasiana</i> в восточной части Черного моря (Абхазия, село Приморское)	71

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И АКВАКУЛЬТУРА

Баймуканова А.М., Баймуканов Т.Т. О нелегальном лове каспийских тюленей (<i>Pusa caspica</i>) и реализации продукции из него в казахстанских прикаспийских городах	74
Баяндина Ю.С., Пономарева А.А., Кирич М.П. Дизайн лабораторного эксперимента по изучению влияния уровня освещенности на поведение гребневику <i>Mnemiopsis leidyi</i>	75
Белогурова Р.Е., Карпова Е.П. Структура популяции южной быстрянки <i>Alburnoides bipunctatus fasciatus</i> (Nordmann, 1840) внутренних водоемов Крымского полуострова	77

Конференция «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ - 2019»

<i>Воробьева О.В., Котова О.В.</i> Распределение хлорофилла «а» в прибрежной части восточно-сахалинского шельфа	79
<i>Дункай Т.И., Богатыренко Е.А., Юнусова И.О., Ким А.В.</i> Использование биологически активных микроорганизмов при искусственном воспроизводстве коммерчески ценных голотурий	81
<i>Левина А.Д.</i> Вкусовые ответы нильской тилапии <i>Oreochromis niloticus</i> на аминокислоты, органические кислоты и их производные	82
<i>Никитин Ф.И., Маркина И.А., Макарова Е.Г., Козлова Н.В.</i> Оценка физиологического состояния воблы в р. Волга в период нерестовой миграции	84
<i>Новожилков А.А.</i> Межгодовая динамика скопления дальневосточного трепанга в пласте анфельции б. Перевозная	85
<i>Орлов М.А., Тихонов А.Ю.</i> Эволюция коротких tandemных повторов: случай золотой рыбки (<i>Carassius auratus</i>)	86
<i>Подунай Ю.А., Давидович О.И., Полякова С.Л., Давидович Н.А.</i> Влияние температуры на вегетативный рост и половое воспроизведение <i>Toxarium undulatum</i> (Bacillariophyta)	88
<i>Романенко Г.А., Теряева И.Ю., Осипов С.А., Елизарьев Д.Г.</i> Современное состояние популяции серебряного карася верхней Оби (в границах Алтайского края)	89
<i>Соломонова Е.С., Железнова С.Н.</i> Применимость витального красителя нильского красного для экспресс определения липидов в клетках микроводорослей	91
<i>Шило Е.И.</i> Биологические особенности быстрого роста рыб в условиях пресноводной аквакультуры	93

БИОФИЗИКА И ХИМИЯ МОРЯ

<i>Гуров К.И., Куринная Ю.С., Котельянец Е.А.</i> Особенности накопления и пространственного распределения тяжелых металлов в донных отложениях прибрежных районов Крымского шельфа	95
<i>Довгий И.И., Козловская О.Н., Чепыженко А.И., Товарчий Я.Ю., Шибецкая Ю.Г., Вертерич А.В., Чайкин Д.Ю.</i> Субмаринная разгрузка подземных вод - источник биогенных элементов на границе суша-океан	96
<i>Дрыгваль А.В.</i> Закономерности формирования гранулометрического состава отложений пляжной зоны Карадагского берегового участка	97
<i>Кивва К.К.</i> Отражение особенностей экосистем в распределении океанологических параметров: пример Берингова моря	99
<i>Кравченко Н.В., Мирзоева Н.Ю., Архипова С.И.</i> Распределение ⁹⁰ Sr в воде и донных отложениях в озерах Евпаторийской группы	101
<i>Кубряков А.А., Микаэлян А.С., Кубрякова Е.А.</i> Вертикальная структура летних и зимних цветений кокколитофорид и их влияние на образование растворенной органики в Черном море по данным Био-Арго	103
<i>Лобко В.В., Малахова Л.В.</i> Хлорорганические соединения в воде Черного и Азовского морей в весенний сезон 2019 г. (по данным 106 рейса НИС "Профессор Водяницкий")	104
<i>Мегер Я.В., Лантушенко А.О., Ельцов О.С.</i> Сравнительный анализ агрегации платиносодержащих соединений	105
<i>Параскив А.А., Терещенко Н.Н., Проскурнин В.Ю.</i> Радиоэкологические исследования плутония в соленых озерах Крымского полуострова	107
<i>Скуратовская И.В., Сало В.А., Баранов Д.Ю., Лантушенко А.О.</i> Анализ совместного действия топотекана и биологически активных соединений на клетки буккального эпителия человека	108

МОРСКАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

<i>Ажогина Т.Н., Климова М.В., Карчава Ш.К.</i> Оценка интегральной токсичности донных отложений Азовского моря	110
<i>Артына Н.К., Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л.</i> Оценка токсичности высокоминерализованной водной среды рачковыми биотестами	111
<i>Богатыренко Е.А., Ким А.В., Дункай Т.И., Еськова А.И.</i> Исследование влияния антропогенного загрязнения Японского моря на основе изучения биологических свойств бактериальных сообществ	113
<i>Гершкович Д.М., Кравцова Г.В.</i> Эффекты воздействия потенциально токсичных веществ на коловраток <i>Brachionus plicatilis</i> при изменении солености среды	114
<i>Гильдебрант А.В., Выrostков В.А., Чепченко А.А.</i> Использование бактериальных биопленок для оценки токсичности детергентов	116
<i>Гненная Н.В., Хмелевцова Л.Е., Аль-Раммахи А.А.</i> Загрязнение водных экосистем Ростовской области генами лекарственной устойчивости	117
<i>Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л., Стравинскене Е.С., Артына Н.К.</i> Оперативные технологии биотестирования токсичности пресных и высокоминерализованных водных сред	118
<i>Дорошенко Ю.В., Сербин А.Д., Полевой Д.М.</i> Оценка состояния акваторий по микробиологическим показателям	120
<i>Ипатова В.И.</i> Использование морской диатомовой водоросли <i>Phaeodactylum tricornutum</i> для оценки качества водной среды	121
<i>Карчава Ш.К., Климова М.В., Барабашин Т.О., Кудеевская Е.М., Ажогина Т.Н., Аль-Раммахи А.А. К.</i> Генотоксичность донных отложений Азовского моря	123
<i>Климова М.В., Карчава Ш.К., Барабашин Т.О., Кудеевская Е.М., Ажогина Т.Н., Аль-Раммахи А.А.К.</i> Анализ генотоксичности донных отложений р. Темерник	124
<i>Ковтун Т.С., Слободскова В.В.</i> Особенности накопления и выведения Cu^{2+} в тканях <i>Mytilus trossulus</i> в условиях лабораторного эксперимента	125
<i>Лазарева А.М.</i> Изменение результатов биотестирования в зависимости от условий культивирования тест-объекта	127
<i>Лебедев Л.Е.</i> Микроэлементы в тканях и органах некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого Японского моря	129
<i>Оганесова Е.В., Самойлова Т.А., Саидов Д.М., Ериков Н.А.</i> Сравнение чувствительности лабораторных и природных популяций морских рыб при остром и хроническом воздействии токсикантов	131
<i>Поромов А.А., Zhifu Guo, Тодоренко Д.А.</i> Оценка качества воды поверхностных водных объектов г. Шэньчжень, Китай	132
<i>Скороход Е.Ю., Ефимова Т.В., Моисеева Н.А., Землянска Е.А., Чурилова Т.Я., Суслин В.В.</i> Сравнение стандартных продуктов со спектрорадиометров MODIS-Aqua/Terra и VIIRS с результатами биооптических измерений в прибрежных водах Севастополя	134
<i>Стравинскене Е.С., Григорьев Ю.С.</i> Микроводоросль <i>Dunaliella tertiolecta</i> как тест-объект для оперативного биотестирования высокоминерализованных вод	135
<i>Тимова А.М., Немировская И.А.</i> Распределение органических соединений и взвеси в устьевой области реки Кодор в межень и паводок	137
<i>Федюнин В.А., Поромов А.А., Смуров А.В.</i> Экотоксические эффекты и адаптация морских звезд при воздействии тяжелых металлов	138

Конференция «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ - 2019»

Шилова Ю.Б., Сербин А.Д., Полевой Д.М., Алмова А.С., Скуратовская Е.Н., Рыжилов М.С. Анализ некоторых показателей белкового обмена печени морского ерша <i>Scorpaena porcus</i> L. из бухт г. Севастополя с разным уровнем загрязнения	140
Якимова К.В., Мосунов А.А., Сахонь Е.Г. Создание базы рамановских спектров различных видов пластиков	142

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПРИКРЕПЛЕННЫХ
И СВОБОДНОЖИВУЩИХ ИНFUЗОРИЙ МИКРОПЕРИФИТОНА
КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Абибулаева А.Ш.

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

Ключевые слова: микроперифитон, инфузории, гидробиология

Перифитон - одна из наименее изученных группировок гидробионтов. К перифитону относят растительные и животные компоненты, развивающиеся на любых твердых субстратах, независимо от их происхождения, но находящихся за пределами слоя влияния грунта [3].

Изучение литературы по этому вопросу позволило ввести такое понятие как микроперифитон. Под микроперифитоном (микрообрастанием) будем понимать начальную стадию сукцессии на стерильном субстрате, когда бактерии, одноклеточные грибы, водоросли и простейшие первыми колонизируют погруженные в воду поверхности. Сообщества на этой стадии нередко называют также бактериально-водорослевыми пленками [1].

Действительно, перечисленные выше группы организмов преобладают в перифитоне. Однако, в своих исследованиях хотелось бы сосредоточиться на такой группе организмов, как инфузории. Это представители обширной группы простейших, характеризующиеся сложной организацией и являющиеся важной частью микроперифитонного сообщества.

Актуальность изучения инфузორий обусловлено как особенностями, так и малой изученностью этой группы. Сообщество перифитонных инфузорий представляет перспективный объект для исследований, поскольку, как одноклеточные организмы, инфузории обладают высокой скоростью размножения, экологической пластичностью и способны в короткий срок реагировать даже на незначительные изменения окружающей среды заметными перестройками в структурной организации сообщества [2]. Инфузории являются хорошей модельной группой для изучения сообществ, благодаря, в первую очередь, небольшим размерам и быстрому чередованию поколений. Микросообщества, помимо динамичности, характеризуются компактностью, что позволяет наблюдать их в ограниченных объемах воды.

Динамические процессы в микроперифитоне, как и в перифитоне в целом, в основном, относятся к двум группам - сезонной динамике и колонизации новых субстратов [3]. Они имеют специфику в зависимости от вида субстрата. Несмотря на пристальное внимание к различным аспектам биологического обрастания, в настоящее время не сформировано представление о роли архитектоники субстрата в формировании перифитонных сообществ. Учитывая значение поверхности, как основного компонента биотопа обрастания, необходимо также обратить внимание на изучение влияния её свойств на формирование перифитонного цилиосообщества.

Также, следует отметить, что научная новизна данного вопроса заключается в том, что в литературе недостаточно сведений о сезонной динамике микроперифитона. Имеющиеся представления о сообществах перифитона отличаются противоречивостью и разнообразием взглядов на это явление, нет единых методических подходов к изучению различных систематических групп обрастателей. Детальное изучение

таксономического состава, экологических особенностей, а также анализ закономерностей географического и пространственного распространения инфузорий микроперифитона дают возможность более детально исследовать потоки энергии в пищевых планктонных цепях.

Делая выводы, можно сказать о недостаточном внимании специалистов-гидробиологов к данной группе организмов, являющихся важной частью микроперифитонного сообщества. Соответственно, можно говорить о целесообразности изучения прикрепленных и свободноживущих инфузорий микроперифитона Крымского побережья Черного моря.

Целью дальнейших исследований является изучение экологии, таксономического состава, молекулярно-генетических особенностей и закономерностей формирования структуры сообщества прикрепленных и свободноживущих инфузорий на искусственных субстратах Крымского побережья Черного моря.

Тема НИР: Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия. Номер гос. регистрации АААА-А19-119052700035-1.

Список литературы

1. Довгаль И. В. Простейшие – обитатели пограничного слоя // Природа. 2001. № 9. С. 73–78.
2. Довгаль И. В. Микропространственная структура сообществ перифитонных простейших и ее связь с гидродинамическими факторами // Вестник Тюменского государственного университета. 2005. № 5. С.12–23.
3. Бобкова А. Н. Сезонные изменения структуры и биохимического состава микроперифитона // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26, № 2. С. 33–37.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ (ТУАПСИНСКИЙ ПРОГИБ)

Акулова А.Ю.¹, Хазанова К.П.^{1,2}

¹МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

²Центр Морских исследований МГУ, Москва

Ключевые слова: общая численность бактериопланктона, общая биомасса, Туапсинский Прогиб, Черное море

Гетеротрофный бактериопланктон является одной из наиболее активных и информативных структурных единиц экосистемы [1]. Он характеризуется широким диапазоном адаптационных возможностей и быстрым реагированием на смену экологических условий, которая выражается в колебаниях численности и изменениях структуры водных бактериоценозов [2]. В связи с этим, количественные характеристики бактериопланктона являются важными показателями качества воды, трофического статуса и экологической обстановки водных объектов.

Пробы воды были отобраны в начале октября 2017 г. на континентальном склоне в северо-восточной части Черного моря (Туапсинский прогиб) на 18 станциях с трех горизонтов. Общую численность бактерий (ОЧБ) определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с окраской бактериальных клеток флуорохромом акридиновым оранжевым. Бактериальную биомассу оценивали на основании данных по

численности бактерий девяти размерно-морфологических групп и средних объемов их клеток, определенных методом геометрического подобия [3].

На акватории Туапсинского прогиба в октябре 2017 г. величины ОЧБ варьировали от 333 до 794 тыс. кл./мл и в среднем за период наблюдений составили 516 ± 15 тыс. кл./мл. Минимум был отмечен в придонном слое воды, а максимум - в поверхностном горизонте. Пределы колебаний значений ОЧБ для поверхностного слоя воды составили от 401 до 794 тыс. кл./мл, для промежуточного - от 365 до 600 тыс. кл./мл, а в придонном слое воды диапазон изменений величин ОЧБ составил от 333 до 713 тыс. кл./мл.

В целом, для большинства станций прослеживалась классическая тенденция снижения численности и биомассы бактериопланктона от поверхности и галоклина к придонному горизонту. Средние по горизонтам значения ОЧБ варьировали от 479 ± 47 тыс. кл./мл в придонном горизонте до 589 ± 55 тыс. кл./мл у поверхности, а в пикноклине среднее содержание бактериопланктона составило 481 ± 36 тыс. кл./мл. Пространственное распределение общего количества бактерий было достаточно равномерным.

Характер пространственной и вертикальной изменчивости общей биомассы бактерий (ОББ) был сходным с таковым общей численности. Величины ОББ на акватории Туапсинского прогиба варьировали от 10,31 до 41,61 мгС/м³, в среднем составив $21,29 \pm 1,14$ мгС/м³. Пределы колебаний по горизонтам составили: от 14,55 до 41,61 мгС/м³ на поверхности; от 10,31 до 39,97 мгС/м³ в промежуточном слое; от 10,47 до 38,92 мгС/м³ в придонном горизонте. Средние значения биомассы на разных горизонтах между станциями варьировали несильно - от $18,95 \pm 4,21$ мгС/м³ в придонном слое воды до $24,62 \pm 3,38$ мгС/м³ в поверхностном, а для слоя скачка среднее значение ОББ составило $20,30 \pm 3,99$ мгС/м³. Распределение общей численности и биомассы бактериопланктона Туапсинского прогиба в октябре 2017 г. соответствовало диапазону величин этих показателей, известному по данным литературы для Черного моря.

На акватории Туапсинского прогиба средний размер бактериальных клеток в октябре 2017 г. колебался от 0,03 до 0,39 мкм³, иногда встречались более крупные палочки со средним объемом клеток до 3,14 мкм³. Морфологический состав бактериопланктона был довольно однообразен и представлен в основном кокками. Их доля от ОЧБ на разных станциях и горизонтах варьировала от 42 до 79%, и в среднем составила 54%. В целом, процентное соотношение численностей бактерий различных морфологических групп между разными станциями варьировало в довольно узких пределах. В среднем, наибольший вклад в ОЧБ вносили кокки (54%), а наименьший - вибрионы (21%). Палочки по этому показателю занимали промежуточное положение (25%).

Что касается ОББ, то стоит отметить, что основной вклад в биомассу на большинстве станций вносили средние и крупные формы палочек и кокков. Максимальный вклад в этот показатель вносили палочки (42%), а наименьший - вибрионы (24%). Кокки занимали промежуточное положение (34%).

Обработка проб выполнена с использованием приборно-технической базы МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № АААА-А16-116021660041-4).

Список литературы

1. Копылов А. И., Косолапов Д. Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. Москва : Изд-во СГУ, 2008. 376 с.
2. Олейник Г. Н. Бактериопланктон и бактериобентос в экотонных экосистемах // Гидробиологический журнал. 1997. Т. 33, № 1. С. 51–62.

3. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы : учебник для студентов, обучающихся по направлению 020200 «Биология», специальности «Биоэкология» и другим биологическим специальностям / под ред. В. Д. Федорова, В. И. Капкова. Москва : [ПИМ], 2006. 367с.

РЕГУЛЯТОРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА И ОСМОТИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ КАРАСЯ (*CARASSIUS CARASSIUS*) В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ И МЕТГЕМОГЛОБИНЕМИИ

Андреева А.Ю.^{1,2}

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН

²Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН

Ключевые слова: эритроциты, гемоглобин, осмотическая стойкость, регуляторное снижение объема

Одной из ключевых функций живых клеток является поддержание осмотического равновесия с окружающей средой. В условиях снижения осмолярности среды происходит немедленное набухание клеток для выравнивания осмотического давления между цитоплазмой и внеклеточной жидкостью. После фазы набухания объем эритроцитов большинства представителей позвоночных, за исключением млекопитающих начинает снижаться за счет активации токов ионов через специфические каналы клеточной мембраны. Подобная реакция получила название регуляторного снижения объема (RVD) [1, 2]. Показано, что характер протекания RVD в эритроцитах низших позвоночных зависит от наличия кислорода в среде. Механизм, лежащий в основе кислород-зависимой регуляции активности ионных каналов мембраны эритроцитов, в настоящее время не установлен. У высших позвоночных, современная концепция влияния кислорода на внутриклеточные процессы в эритроцитах предполагает, что роль регулятора и передатчика сигнала на системы мембранного транспорта может играть мембрано-связанный гемоглобин (Hb) [3].

В настоящей работе мы исследовали зависимость реакции RVD и показателя осмотической стойкости эритроцитов золотого карася, *Carassius carassius*, от конформационного состояния гемоглобина.

В работе использовались взрослые особи золотого карася, *Carassius carassius*, (n=12) обоих полов. Кровь отбирали из хвостовой вены гепаринизированным шприцем и разбавляли средой состава (в мМ): NaCl, 128; KCl, 3; CaCl₂, 1.5; MgCl₂, 1.5; HEPES, 15; D-глюкоза, 2.2 (pH=7.8, осмолярность 260 мОсм л⁻¹), и проводили трехкратную отмывку центрифугированием (центрифуга CM-50, Elmi, Латвия; 500 g, 5 мин). Осмотическую стойкость эритроцитов определяли путем серии разбавлений суспензии в диапазоне осмолярности с 260 до 45 мОсм л⁻¹. Осмолярность среды контролировали на криоскопическом осмометре Osmomat 030 (Gonotec, Germany). Для индукции реакции RVD в эритроцитах, осмолярность среды снижали с 260 до 113 мОсм л⁻¹ путем добавления дистиллированной воды к суспензии клеток. Изменения объема эритроцитов записывали в течение 125 мин. Деоксигенацию гемоглобина индуцировали путем барботажа буферного раствора аргоновым газом (100% Ar₂) до момента внесения клеток. Реоксигенация гемоглобина кислородом в эритроцитах, инкубированных в гипоксии в течение 55 мин, проводили в естественных условиях нахождения суспензии кислородом воздуха. Содержание кислорода контролировали с помощью кислородного датчика mini-Oksik 3 («Аналитика-Сервис») в гипоксической камере (Billups Rothenberg), спектры Hb контролировали в диапазоне сканирования 300-700 нм.

Метгемоглобинемию индуцировали путем инкубации клеток с трет-бутиловым спиртом (1 мМ, 5 мин). Для регистрации изменений объема эритроцитов и процента гемолиза клеток использовали метод лазерной дифракции. Осмотическую резистентность эритроцитов оценивали путем расчета показателя лизиса 50 % эритроцитов в суспензии - Os_{m50} .

В оксигенированных эритроцитах концентрация оксигемоглобина составляла 96.4 ± 3.7 % от общего Нб, доля метгемоглобина не превышала 1 %. Инкубация клеток в гипоксической среде приводила к переходу большей части Нб в деоксигенированную форму (96.5 ± 2.7 %) без изменений в количестве метгемоглобина. Естественная реоксигенация гипоксических клеток восстановила количество оксигемоглобина до значений нормоксии. Инкубация клеток с третбутилом привела к быстрому окислению Нб до метгемоглобина (48.4 ± 1.8 %) с образованием деоксигемоглобина (41.3 ± 2.3 %). У оксигенированных клеток величина Os_{m50} (69.0 ± 3.2 мОсм л⁻¹) была более чем в 3 раза ниже, чем осмолярность плазмы крови (268 ± 4.5 мОсм л⁻¹). Деоксигенация гемоглобина и последующий цикл реоксигенации не оказывали влияния на осмотическую стойкость эритроцитов. Индуцированная метгемоглобинемия, в свою очередь, достоверно снижала стабильность мембран эритроцитов - величина Os_{m50} составила 111.6 ± 1.6 мОсм л⁻¹.

Снижение осмолярности среды с 260 мОсм л⁻¹ (физиологическая осмолярность) до 113 мОсм л⁻¹ (гипоосмотический шок) инициировало увеличение объема оксигенированных эритроцитов *S. carassius* на 29 %. Спустя 5 мин инкубации клетки начинали восстанавливать свой исходный объем, осуществляя компенсаторное снижение объема, RVD (<1% различий), которое завершилось в течение 125 мин. У деоксигенированных клеток снижение осмолярности среды вызвало набухание, аналогично эритроцитам, находящимся в условиях нормоксии. Однако дальнейшего изменения объема не происходило. В течение экспериментального периода объем эритроцитов оставался увеличенным, клетки не проявляли реакцию RVD. Естественное насыщение Нб кислородом (реоксигенация) инициировало процесс восстановления объема эритроцитов *S. carassius*. При этом динамика реакции RVD у реоксигенированных клеток была аналогичной эритроцитам, находящимся в условиях нормоксии. У окисленных клеток гипоосмотическая стимуляция вызывала достоверно меньшее увеличение объема. Реакция RVD у клеток с высоким содержанием метгемоглобина отсутствовала в течение всего экспериментального периода.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания ФГБУН ИМБИ (тема № 0828-2018-0003) и государственного задания ФГБУН ИЭФБ (тема № АААА-А18-118012290371-3).

Список литературы

1. Cossins A. R., Gibson J. S. Volume-sensitive transport systems and volume homeostasis in vertebrate red blood cells // Journal of Experimental Biology. 1997. Vol. 200, iss. 2. P. 343–352.
2. Stutzin A., Hoffmann E. K. Swelling-activated ion channels: functional regulation in cell-swelling, proliferation and apoptosis // Acta Physiologica. 2006. Vol. 187, iss. 1–2. P. 27–42. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2006.01537.x>
3. Chu H., Breite A., Ciraol P., Franco R. S., Low P. S. Characterization of the deoxyhemoglobin binding site on human erythrocyte band 3: implications for O₂ regulation of erythrocyte properties // Blood. 2008. Vol. 111, iss. 2. P. 932–938. <https://doi.org/10.1182/blood-2007-07-100180>

ЗООБЕНТОС МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ ЗАЛИВА КЕНДИРЛИ (СРЕДНИЙ КАСПИЙ)

Баймуканова Ж.М.

Учреждение «Институт гидробиологии и экологии», пос. Иргели

Ключевые слова: зообентос, видовое разнообразие, численность, биомасса, биотоп

В восточной части Казахского залива среднего Каспия располагается песчаная коса Кендирли, в длину составляющая 23 км, при максимальной ширине в средней части - 1,5 км. Коса соединена на юго-востоке с материком и вытянута в северо-западном направлении, образуя залив Кендирли. Глубина в заливе до 5 м, прибрежная часть представляет собой обширные мелководье до 0,5-0,8 м [1]. В работах, посвященных изучению зообентоса казахстанской части Каспия [1,2] нет упоминания об исследованиях разнообразия донной фауны мелководной акватории.

Исследования проводились 13-25 апреля и 14-21 октября 2018 г., собрано 30 проб зообентоса на мелководье на глубинах от 0,16 до 0,63 м. Пробы воды отбирались на 3 станциях бухты. Сбор и обработка проб велись по общепринятым методам. Согласно величине общей минерализации вода залива Кендирли относится к категории повышенной солености - 13,2 ‰. Вода в заливе жесткая, хлоридного класса, группы натрия.

Макрзообентос прибрежной зоны залива Кендирли представлен 23 видами донных беспозвоночных, из которых: полихеты - *Hediste diversicolor*, *Fabricia sabella caspica*, олигохеты - *Oligochaeta* gen. sp., нематоды - *Nematoda* gen. sp., ракообразные - кумовые - *Pterocuma pectinata*, амфиподы - *Pontoporeia affinis microphthalma*, *Corophium monodon*, *Dikerogammarus* sp., *Niphargoides maeoticus*, *Niphargoides motasi*, *Niphargoides* sp., *Gammarus* sp., десятиногие - *Palaemon* sp., усоногие - *Balanus improvisus*, моллюски: двустворчатые - *Cerastoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus*, *Abra segmenta*, брюхоногие - *Theodoxus pallasi*, *Pyrgohydrobia curta*, хирономиды - *Clunio marinus*, *Chironomus albidus*, *Tanytarsus gregarius*, *Cladotanytarsus mancus*. Весной высокие значения индекса доминирования имеют три вида зообентоса: *Mytilaster lineatus* - 81, *Hediste diversicolor* - 58, *Abra segmenta* - 53. Наименьшие отмечены у *Corophium monodon*, *Niphargoides* sp. по 4. Осенью из донного сообщества преобладали два вида и индекс доминирования составил *Mytilaster lineatus* - 57, *Cerastoderma glaucum* - 44. Низкие показатели индекса доминирования отмечены у *Dikerogammarus* sp. - 7, *Niphargoides motasi* - 2.

Средние показатели численности и биомассы зообентоса составили весной 479 экз./м² и 2,86 г/м², осенью 1003 экз./м² и 9,81 г/м². Высокая численность весной наблюдалась у олигохет 196 экз./м², но осенью, показатель снизился до 38 экз./м². На втором месте по численности находились полихеты 85 экз./м² и двустворчатые моллюски 68 экз./м². Низкая численность отмечена у брюхоногих моллюсков - всего 14 экз./м². Осенью основу численности формировали брюхоногие моллюски - 337 экз./м² и личинки хирономид - 249 экз./м². Второе место заняли двустворчатые моллюски - 176 экз./м² и ракообразные - 103 экз./м². Нематоды имели низкие значения - 7 экз./м². Весной доминирующую роль по биомассе занимали двустворчатые моллюски - 1,47 г/м² и ракообразные - 0,90 г/м². Остальные группы донной фауны имели низкие значения биомассы от 0,0013 до 0,31 г/м². Осенью высокая биомасса также наблюдалась у двустворчатых моллюсков - 7,76 г/м², наименьшие значения отмечено для нематод - 0,0009 г/м².

По характеру обитания донных беспозвоночных можно выделить три биотопа: песчаный, песчано-ракушечниковый и смешанные грунты с обрастаниями, образованные наслоением грунтов, песчаным с мелкой и крупной ракушкой и илистым

грунтом. Наиболее в видовом отношении и весной и осенью богат смешанный биотоп - 16 видов. Доминируют моллюски, из них двустворчатые *Cerastoderma glaucum*, *Abra segmenta*, *Mytilaster lineatus* и брюхоногие моллюски *Pyrgohydrobia curta*, *Theodoxus pallasi*. Были встречены полихеты *Hediste diversicolor*, *Fabricia sabella caspica*, олигохеты, нематоды, ракообразные и личинки хирономид. Средние количественные показатели зообентоса на смешанном биотопе весной составили 554 экз./м² и 3,30 г/м², осенью 1499 экз./м² и 15,63 г/м². Основу численности весной формировали олигохеты 232 экз./м², а биомассы - двустворчатые моллюски 1,77 г/м². Низкая численность и биомасса была у нематод 24 экз./м² и 0,0016 г/м². Осенью высокая численность наблюдалась у личинок хирономид - 493 экз./м², биомасса у двустворчатых моллюсков - 12,51 г/м². Минимальные значения численности и биомассы отмечена у нематод, всего 9 экз./м² и 0,001 г/м². Песчано-ракушечниковый биотоп весной и осенью в видовом разнообразии находится на втором месте и насчитывает 10 видов: ракообразные - *Pontoporeia affinis microphthalma*, *Niphargoides*, *maoticus*, *Niphargoides sp.*, *Gammarus sp.*, полихеты - *Hediste diversicolor*, *Fabricia sabella caspica*, олигохеты, нематоды. Из двустворчатых моллюсков встречены *Cerastoderma glaucum*, *Abra segmenta*, *Mytilaster lineatus*, из брюхоногих моллюсков *Pyrgohydrobia curta*, из хирономид - *Cladotanytarsus tancus*. Средние количественные показатели зообентоса на песчано-ракушечниковом биотопе весной составили 108 экз./м² и 0,65 г/м², осенью 827 экз./м² и 5,15 г/м². По численности и биомассе доминировали весной ракообразные 64 экз./м² и 0,45 г/м². Низкая численность была у двустворчатых моллюсков 10 экз./м², а биомасса у олигохет 0,002 г/м². Осенью высокая численность наблюдалась у брюхоногих моллюсков 340 экз./м², биомасса - у двустворчатых 3,80 г/м². Минимальные значения численности и биомассы отмечена для личинок хирономид, всего 2 экз./м² и 0,002 г/м². Песчаный биотоп по числу видов осенью состоял из 4 видов, это бокоплавы *Gammarus sp.*, *Niphargoides motasi*, двустворчатые *Cerastoderma glaucum* и брюхоногие *Pyrgohydrobia curta* моллюски. Средние количественные показатели зообентоса на песчаном биотопе осенью составили 16 экз./м² и 0,67 г/м².

По шкале трофности [3] побережье залива Кендирли относится к средней и высокой кормности для рыб.

Работа выполнена согласно Договора с ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» в рамках государственного заказа Министерства сельского хозяйства РК по изучению динамики численности на лежбищах в казахстанской зоне Каспийского моря и комплексной оценке факторов угроз на популяцию каспийского тюленя.

Список литературы

1. Баймуканова А. М., Жданко Л. А., Баймуканов Т. Т., Баймуканов М. Т. Результаты обследования залежек каспийского тюленя (*Pusa caspica*) в заливе Кендирли весной и осенью 2015 // Морские млекопитающие Голарктики : сб. науч. тр. : по материалам IX Междунар. конф., 31 окт., - 5 нояб., 2016 г. Астрахань, 2016. Т. 1. С. 35–41.
2. Улжабаева Г. С., Камелов А. К., Попов Н. Н. Казахстанский сектор Каспийского моря и его кормовая база бентосоядной ихтиофауны // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 2 (69). С. 74–81.
3. Китаев С. П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // Тез. докл. V съезда ВГБО, Тольятти, 15-19 сентября 1986 г. Куйбышев, 1986. С. 254–255.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА ЧУХЛОМСКОГО И ГАЛИЧСКОГО ОЗЁР КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронцова Е.Л.

ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», Институт физико-математических и естественных наук, г. Кострома

Ключевые слова: озеро Галичское, озеро Чухломское, макрозообентос озёр

Озёра Галичское и Чухломское Костромской области расположены в восточной части глубокой аллювиальной ложбины Унже-Костромского междуречья. Это самые крупные озёра Костромской области: площадь Галичского озера - 7,2 тыс. га, Чухломского озера - 4,8 тыс. га. Озёра относятся к мелководным водоёмам. В Галичском озере литоральная зона с глубинами до 2,0 м составляет 70 %, а максимальная глубина 4,0 м. Чухломское озеро более глубоководное, область, занятая глубинами до 2,7 м составляет более 80 %, а максимальная глубина 5,5 м.

Грунты озёр в основном представлены мягкими илами. На отдельных участках литоральной зоны водоёмов, к илам примешиваются различные включения, такие как мелкий песок, растительные остатки, пустые раковинки моллюсков.

Сбор материала производился в течение 2014 - 2015 гг.

В составе макрозообентоса Галичского и Чухломского озёр в общей сложности за период исследования было идентифицировано 50 видов организмов. Из них 32 вида принадлежало к отряду Diptera, в т.ч. семейству Chironomidae - 26 видов, к семейству Ceratopogonidae - 5 видов, 1 вид принадлежал к семейству Chaoboridae. К классу Oligochaeta принадлежало 8 видов, к типу Mollusca - 9 видов, к классу Hirudinea - 1 вид. В целом озеро Галичское отличается более высоким видовым богатством макрозообентоса, чем озеро Чухломское, что связано с отсутствием в Чухломском озере видов хирономид, встречающихся в мелководной открытой литорали Галичского озера. Это виды мелких личинок хирономид родов: *Glyptotendipes*, *Endochironomus*, *Polypedilum*, *Cryptochironomus*, которые в Галичском озере отмечены до глубины 2,0 м.

Доминантные виды макрозообентоса озёр определяли с использованием индекса доминирования Паля-Ковнацки [1, 2]. В обоих озёрах доминирующая группа макрозообентоса представлена видами *Limnodrilus udekemianus* (Claparede, 1862), *Limnodrilus hoffmeisteri* (Claparede, 1862), *Limnodrilus profundicola* (Verril, 1871), *Potamothrix hammoniensis* (Michaelsen, 1901), *Chironomus plumosus* (Linne, 1758), которые в различном соотношении в разные сезоны входили в число доминант и субдоминант макрозообентоса Галичского и Чухломского озёр. Отмечено, что крупный *Chironomus plumosus* в Чухломском озере входит в состав доминантного комплекса макрозообентоса, а в Галичском озере только в состав субдоминант.

Моллюски в озёрах в период исследования встречались на достаточно ограниченной территории или случайно. В Галичском озере мелкие формы моллюсков были обнаружены только на станциях, расположенных в районе зарослевой зоны. В Чухломском озере в количественных пробах моллюски не встречались. Крупные моллюски: *Viviparus viviparus* (Linne, 1758), *Unio pictorum* (Linne, 1758), *Anodonta stagnalis* (Gmelin, 1791) в Галичском и Чухломском озёрах были встречены в виде случайных находок (при подъёме сетей рыбаков, орудий лова мотыля).

Анализ распределения числа видов макрозообентоса по биотопам озёра Галичского показал, что наибольшее видовое богатство в течение всего периода исследования было в литоральной зоне на биотопе мягкого ила с растительными остатками и включениями песка, где были обнаружены представители всех групп макрозообентоса. Количество встреченных на нём видов в зимний сезон составляло - 13 видов, в летний сезон

количество видов колебались от 16 до 24 видов. В Чухломском озере наибольшим видовым богатством в течение всех сезонов также характеризовалась литоральная зона на биотопе мягкого ила с растительными остатками (представлен на большей части озера). Количество встреченных видов на этом биотопе в зимний сезон колебалось от 9 до 10 видов, в летний сезон от 11 до 12 видов.

Минимальное количество видов в обоих озёрах отмечено в глубоководной зоне на биотопе мягкого ила. Здесь в летний и зимний сезоны общее количество встреченных видов не превышало 5 видов в Галичском озере и 4 вида в Чухломском озере (чаще всего встречались *Chironomus plumosus*, *Limnodrilus udekemianus*).

Видовое разнообразие макрозообентоса Галичского и Чухломского озёр определяли по информационному индексу видового разнообразия Шеннона-Уивера [3] на основе данных по численности организмов. Среднее значение индекса видового разнообразия за исследуемый период в Галичском озере составил $1,89 \pm 0,15$, в Чухломском озере - $1,59 \pm 0,15$. Отмеченные средние значения индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера характеризует трофический статус Чухломского и Галичского озёр как эвтрофный.

Количественные показатели макрозообентоса исследуемых озёр, не смотря на их схожие гидрологические условия и одинаковый трофический уровень, существенно отличались. Плотность и биомасса макрозообентоса Чухломского озера в несколько раз выше таковых в Галичском озере. Это находит отражение в средних количественных показателях макрозообентоса и в течение периода исследования и по сезонам. Так средние за период исследования значения численности макрозообентоса в Галичском озере составляли 695 ± 47 экз./м², средние значения биомассы $5,088 \pm 0,34$ г/м². В Чухломском озере средняя биомасса макрозообентоса - $15,446 \pm 1,11$ г/м², средняя численность - 1528 ± 76 экз./м².

Несмотря на такие количественные различия в обоих озёрах основу численности и биомассы составляли 2 группы организмов: Oligochaeta и Chironomidae. При этом Oligochaeta лидировали по численности, а Chironomidae создавали основу биомассы.

Вклад в наибольшую численность организмов макрозообентоса в Галичском озере вносили участки зарослевой зоны (глубина до 0,9 м). На них плотность организмов практически в течение всего периода исследования превышала остальные зоны водоёма (открытую литораль и глубоководную). Вклад в общую биомассу различных зон водоёма зависит от сезона: в зимний период основную биомассу создавали глубоководные участки, в основном за счёт *Chironomus plumosus*. В летний сезон наибольшая биомасса макрозообентоса характерна для зарослевой зоны, а наименьшая для глубоководной зоны.

В Чухломском озере глубоководные участки в основном отличались более высокими значениями численности и биомассы. Такая тенденция прослеживалась в зимний период, в начале и середине вегетационного сезона, а осенью по количественным показателям лидировала литоральная зона.

Список литературы

1. Палий В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоол. журн. 1961. Т. 60. Вып. 1. С. 3–12.
2. Kownacki A. Taxocens of *Chironomidae* in streams of the Polish Hight Tatra, Mts // Acta Hydrobiol. 1971. V. 13. № 2. P. 439–463.
3. Shannon C.E. Weaver W. The mathematical theory of communication // Urbana, University of Illinois press. 1963. 345 p.

О ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЯХ УСАЧЕЙ РОДА *BARBUS* (СЕМ. CYPRINIDAE) КАВКАЗА: МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ В БАССЕЙНЕ КУБАНИ

Гандлин А.А.

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок

Ключевые слова: усачи, *Barbus*, мтДНК, яДНК, филогенетика, филогеография, межвидовая гибридизация

Род *Barbus* представляет собой сложную в таксономическом и эволюционном отношении группу рыб семейства Cyprinidae, распространенных в водоемах Европы, Кавказа и Ближнего Востока и насчитывает более 30 видов. В отличие от европейских представителей данного рода, кавказские виды генетически слабо изучены. В то же время Кавказ - крупная горная система, считающаяся одной из «горячих точек» (hot spots) биоразнообразия.

Всего на Кавказе отмечено шесть видов усачей: 1) *B. ciscaucasicus* Kessler, 1877, обитающий в речных системах Кумы и Терека, а также в других реках каспийского бассейна к югу от р. Сулак до р. Пирсагат [1]; 2) *B. cyri* De Filippi, 1865 широко распространен в бас. Куры и Аракса, а также в бас. Ленкорани; 3) *B. goktschaicus* Kessler, 1877 известен из бас. оз. Севан; 4) *B. kubanicus* Berg, 1912 из бас. Кубани; 5) *B. rionicus* Kamensky, 1899 обитает в реках юго-восточного бас. Черного моря (ранее относился к комплексу *B. escherichii* Steindachner, 1897); 6) *B. tauricus* Kessler, 1877 известен из рек черноморского побережья Краснодарского края и Крымского п-ова, а также рек юго-западного побережья Турции (популяции черноморского побережья Краснодарского края ранее относили к комплексу *B. escherichii*).

Образцы ДНК собраны у 277 особей кавказских и крымских усачей из 81 локальности бассейнов Черного и Каспийского морей включая типовые локальности или бассейны. Выделение ДНК, ПЦР и секвенирование проводили по стандартным протоколам. Амплифицировали фрагменты последовательностей гена цитохрома *b* (*cytb*, 993 п.н.) и первой субъединицы цитохромоксидазы (COI, 600 п.н.) мтДНК, а также поледовательность второго интрона гена бета-актина (*Act-2*, 447 п.н.) яДНК. Сравнительный материал (173 последовательности *cytb*, 48 последовательностей COI и 41 последовательность *Act-2*) из Генбанка добавили к своему сету последовательностей для анализа. Расчет оптимальной модели эволюции по позициям кодона для каждого гена в наборе конкатенированных последовательностей *cytb* и COI осуществляли в программах PartitionFinder 2.1.1. и IQ-TREE 1.5.4. Филогенетическую реконструкцию осуществляли подходами максимального правдоподобия (ML) и байесовской вероятности (BI) при помощи программ RAxML и MrBayes, соответственно. Сети гаплотипов строили с помощью программ DNAsp v.5.10. и PopART 1.7.

Кавказские усачи входят в состав Понто-Каспийской клады, включающей в себя 11 линий, большая часть из которых относится к Черноморскому и Каспийскому бассейнам [2]. В Понто-Каспийской кладе выделяются три группы кавказских усачей: а) Черноморская, включающая в себя все черноморские виды, за исключением *B. kubanicus*; б) Каспийская, объединяющая куринского усача *B. cyri* и генетически не отличающегося от него гокчинского усача *B. goktschaicus*; в) Северокавказская, представленная *B. kubanicus* и *B. ciscaucasicus*.

Наиболее сложной с позиции филогеографии является Черноморская группа, включающая *B. anatolicus* Turan, Kaya, Geiger, Freyhof, 2018, *B. escherichii* (оба вида известны с побережья Турции) и *B. tauricus*. Она характеризуется 24 гаплотипами гена *cytb*. Комплекс *B. escherichii* / *B. tauricus* представляет собой наиболее дивергировавшую группу, состоящую из 12 гаплотипов гена *cytb*. Крымские популяции *B. tauricus* (типовая локальность) не имеет общих гаплотипов *cytb* с *B. escherichii*.

Однако его гаплотипы крайне разнообразны и близки как гаплотипам популяций рек черноморского побережья Краснодарского края, так и гаплотипам географически отдаленных популяциях из Болгарии и Турции. При этом, по данным мтДНК в бас. Кубани (реки Абин и Неберджай) встречаются представители крымского усача *V. tauricus*.

Исследуя последовательности второго интрона гена бета-актина (*Act-2*), обнаружили гибридизацию крымского и кубанского усачей в бас. Кубани. Шесть особей *V. tauricus* из р. Неберджай были гетерозиготными по маркеру *Act-2* яДНК, обладая одним аллелем, специфичным для *V. kubanicus*. Кроме того, в зоне совместного обитания двух видов четыре особи *V. kubanicus* будучи гомозиготными по видоспецифичному аллелю *Act-2*, имели характерные для *V. tauricus* гаплотипы мтДНК, то есть были интрогрессированы по мтДНК. Это первое свидетельство гибридизации усачей рода *Barbus* на Кавказе. По всей видимости, гибридизация стала результатом вторичного контакта. При этом гаплотипы *V. tauricus* из бас. Кубани генетически идентичны или близки к гаплотипам комплекса *V. tauricus* / *V. escherichii* с побережья Турции. Данное обстоятельство позволяет рассматривать обнаруженные популяции в бас. Кубани как реликтовые, заселившие Кубань во время одной из пресноводных фаз Черного моря [3]. Для выяснения вопросов распространения *V. tauricus* в бас. Кубани и масштабов гибридизации этого вида с эндемичным кубанским усачом необходимы дополнительные исследования.

Выражаю глубокую благодарность Лёвину Б.А., Симонову Е.П. за их вклад в данную работу.

Исследование поддержано РФФИ, грант №19-04-00719.

Список литературы

1. Gandlin A. A., Mustafayev N. D., Yakimov A. V., Levi B. A. Updating the geographical range of Terek barbel *Barbus ciscaucasicus* Kessler, 1877 (Cyprinidae) using the cytochrome b molecular marker // *Inland Water Biology*. 2017. Vol. 10, iss. 1. P. 115–119. <https://doi.org/10.1134/S1995082917010072>
2. Levin B. A., Gandlin A. A., Simonov E. S., Levina M. A., Barmintseva A. E., Japoshvili B., Muge N. S., Mumladze L., Mustafayev N. J., Pashkov A. N., Roubenyan H. R., Shapovalov M. I., Doadrio I. Phylogeny, phylogeography and hybridization of Caucasian barbels of the genus *Barbus* (Actinopterygii, Cyprinidae) // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2019. Vol. 135. P. 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.02.025>
3. Ryan W. B. F., Major C. O., Lericolais G., Goldstein S. L. Catastrophic flooding of the Black Sea // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2003. Vol. 31. P. 525–554. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.31.100901.141249>

НАХОДКИ ТЕПЛОЛЮБИВЫХ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: CLADOCERA) В ВОДОЕМАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Гарибян П.Г.

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва

Ключевые слова: cladocera, морфология, систематика, фауна, Дальний Восток

Дальний Восток - один из богатейших регионов России по обеспеченности природными ресурсами. Особенности географического положения и огромная протяженность территории с севера на юг (почти на 4500 км) и с запада на восток (на 3000 км) обуславливают высокое разнообразие типов климата: от арктического на

севере Якутии и Камчатки до муссонного на Сахалине, в Амурской области, Приморском и Хабаровском краях, а также от резко континентального в Якутии до морского на Камчатке и Курильских островах. Флора и фауна Дальнего Востока крайне разнообразны, в их составе отмечено большое число эндемичных видов [1]. Особый интерес представляет собой юг Дальнего Востока, включающий Амурскую область, Приморский и Хабаровский край, а также остров Сахалин. Эта область находится на стыке Палеарктической и Ориентальной зон. Для многих холодолюбивых палеарктических видов растений и животных этот регион - самая южная часть ареала. В то же время, для теплолюбивых ориентальных видов - самая северная. Однако далеко не для всех групп растений и животных имеются актуальные данные об их распространении на юге Дальнего Востока. В частности, ареалы многих микроскопических ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) по-прежнему слабо изучены [2]. К наиболее сложным для определения группам принадлежат теплолюбивые кладоцеры [2]. По-видимому, это связано как со слабой представленностью данной группы в отечественных определителях, разработанных для северных регионов, так и с небольшой представленностью теплолюбивых видов кладоцер в гидробиологических пробах из РФ. В связи с этим, цель нашей работы заключалась в выявлении популяций теплолюбивых ветвистоусых ракообразных в водоемах юга Дальнего Востока и подтверждении их видового статуса на основе углубленного морфолого-систематического анализа.

Материалом для нашей работы послужили более 700 гидробиологических проб. Пробы отбирали по стандартной методике из водоемов Амурской области, Приморского и Хабаровского краев. Микроскопическую обработку материала проводили под биноклем LOMO (АО «ЛОМО», Россия) и световым микроскопом Olympus BX41 (Olympus Corporation, Япония). Ветвистоусых ракообразных в пробах определяли по отечественным и зарубежным определителям, а также специальным статьям. Все определения заносили в базу данных в формате Microsoft Access 2003. Для некоторых редких теплолюбивых кладоцер при помощи рисовального аппарата были подготовлены рисунки, документирующие результаты определения.

В результате проведенного исследования, в составе фауны кладоцер юга Дальнего Востока нами было выявлено более 120 таксонов. Из них 9 видов по эколого-географическим характеристикам можно отнести к теплолюбивым: *Diaphanosoma dubium* Manujlova, 1964; *Disparalona chappuisi* Brehm, 1934; *Ephemeropterus barroisi* Richard, 1894; *Ilyocryptus spinifer* Herrick, 1882; *Nicsmirnovius eximius* Kiser, 1948; *Picripleuroxus denticulatus* Birge, 1879; *Picripleuroxus quasidenticulatus* Smirnov, 1996; *Pseudosida szalayii* Daday, 1898 и *Scapholeberis cf. kingii* Sars, 1888. По предварительным морфологическим данным, популяции *S. cf. kingii* представляют собой отдельный, новый для науки вид, распространенный от Южной Кореи до юга Дальнего Востока. От типового *S. kingii* из Австралии он надежно отличается по особенностям строения эфиппиев гамогенетических самок.

Присутствие теплолюбивых видов кладоцер в водоемах юга Дальнего Востока можно объяснить несколькими способами. Возможно, по крайней мере, часть из перечисленных видов способна переносить промерзание водоемов в зимнее время и формировать стабильные во времени популяции. Но не исключен и занос этих видов при участии человека (например, с материалом для аквакультуры) или на оперении и в содержимом кишечника мигрирующих водоплавающих птиц. Также необходимо принять во внимание направление течения рек в исследованном регионе. Амур, крупнейшая река региона, течет с юга на север. Не исключено, что некоторые виды теплолюбивых кладоцер, известные также из водоемов Китая [3], именно таким образом попадают на юг Дальнего Востока. В любом случае, необходим дальнейший тщательный мониторинг теплолюбивых видов кладоцер в водоемах Дальнего Востока.

Расширение ареалов теплолюбивых видов в связи с потеплением климата может привести к неблагоприятным последствиям для водных экосистем региона и, как следствие, негативно сказаться на запасах природных ресурсов.

Автор выражает благодарность коллегам из Лаборатории экологии водных сообществ и инвазий за предоставленный материал и помощь в подготовке доклада.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00389 мол_а.

Список литературы

1. Abell R., Thieme M. L., Revenga C. et al. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation // *BioScience*. 2008. Vol. 58, iss. 5. P. 403–414. <https://doi.org/10.1641/B580507>
2. Котов А. А. Фаунистические комплексы Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Восточной Сибири и Дальнего Востока России // *Зоологический журнал*. 2016. Т. 95, № 7. С. 748–768.
3. Ji G. H., Xiang X. F., Chen S. Z., Yu G. L., Kotov A. A., Dumont H. J. Annotated Checklist of Chinese Cladocera (Crustacea: Branchiopoda). Part II. Order Anomopoda (families Macrotrichidae, Eurycercidae and Chydoridae) // *Zootaxa*. 2015. Vol. 4044, no. 2. P. 241–269. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4044.2.4>

НАХОДКИ ТРОПИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA, COPEPODA) В ПРИТОКАХ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Жихарев В.С., Золотарева Т.В., Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

Ключевые слова: зоопланктон, тропические виды, Cladocera, Copepoda, инвазии

Биологические инвазии - это популярный предмет дискуссий из-за растущего числа сообщений о вселении новых видов в несвойственные им местообитания. Считается, что виды-вселенцы имеют высокую фенотипическую и экологическую пластичность. В результате их проникновения в новые местообитания может измениться структура и функционирование экосистем. Такие виды способны конкурировать с абиоригенными видами за местообитания и кормовую базу, а также вытеснять их путём распространения во все доступные биотопы. Именно поэтому биологические инвазии рассматриваются как наиболее острые угрозы биоразнообразию в сообществах гидробионтов и требуют постоянного внимания исследователей всего мира.

Данная работа посвящена сообщению о новых находках двух тропических видов зоопланктона *Hyocryptus spinifer* Herrick, 1882 и *Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931 в притоках Чебоксарского водохранилища (Нижегородская область, Европейская Россия).

Пробы зоопланктона были отобраны в июле 2018 г. в притоках Чебоксарского водохранилища: рр. Ветлуга и Сура. Материал отбирали планктонной сетью Джели (нейлоновое сито с ячейей 70 мкм) и фиксировали 4%-ым раствором формалина. В лаборатории пробы зоопланктона разбирали под бинокулярным микроскопом Carl Zeiss Stemi 2000C, детальную микроскопическую обработку проводили под микроскопом Meiji Techno MT4200L. Определение особей *I. spinifer* и *T. taihokuensis* проводили согласно тематическим статьям [1,2].

Hyocryptus spinifer Herrick, 1882 (Cladocera: Hyocryptidae) был обнаружен в прибрежной зоне нижнего течения р. Ветлуга (N 56.839760°, E 45.440663°) на территории Природного парка «Воскресенское Поветлужье». В общей сложности было

обнаружено шесть партеногенетических самок. Длина тела самок составляла 720 ± 12 мкм. *I. spinifer* является представителем тропической фауны южного комплекса Cladocera. Обитает в тропиках и субтропиках всех континентов, а также встречается в южных регионах умеренной зоны. Он считается обычным, а зачастую доминирующим видом рода *Ilyocryptus* Sars, 1861 в Северной Америке. Наиболее северной точкой обитания этого вида в восточном полушарии считаются северные притоки р. Амур. Согласно ревизии этого таксона его популяции с разных континентов, не имеют морфологических различий, и он является истинным космополитом. *I. spinifer* обитает большую часть своей жизни на дне в рыхлых частях грунта. Встречается преимущественно в пресноводных водоемах, лесных прудах и рисовых полях с совершенно разными физико-химическими показателями воды. Он лишь иногда выходит в планктон в значительных количествах. Известно, что он способен прикрепляться к растениям благодаря длинным щетинкам плавательных антенн. Распространение *I. spinifer* за пределы своего естественного ареала может быть связано с двумя основными факторами: судоходство и перенос с мигрирующими водоплавающими птицами. Судоходство как наиболее распространённый фактор связан, в первую очередь, с переносом организмов с балластными водами судов. Другим примером переноса пресноводных ракообразных могут служить водоплавающие птицы. Из ряда публикаций известно, что птицы способны переносить покоящиеся яйца кладоцер и копепод на значительные расстояния как внутри своего тела, так и на перьях. Мы предполагаем, что именно этими двумя способами *I. spinifer* мог проникнуть на территорию Европейской России.

Другой интересной находкой является веслоногий рачок *Thermocyclops taihokuensis* Narada, 1931 (Copepoda: Cyclopoidea). Представители рода *Thermocyclops* Kiefer, 1927 встречаются во всем мире, известен 51 вид и подвид. На территории Европейской России из этого рода встречается четыре вида. Данные о находках тропического вида *T. taihokuensis* на территории Европейской части России крайне скудны. Имеется единственное сообщение о находке этого вида на незарегулированном участке р. Волги ниже плотины Волжской ГЭС [3]. Нами *T. taihokuensis* был обнаружен в устьевой области р. Сура ($N 56.112011^\circ$, $E 45.998502^\circ$). В общей сложности было обнаружено шесть самок. Обнаруженные в устьевой области р. Сура самки имели средний размер 1060 ± 20 мкм. Основной ареал обитания этого вида покрывает Восточную и Центральную Азию, а также тропические регионы. Он встречается на Тайване (типовое местообитание), Тайланде, Китае, Корее, Восточном Вьетнаме, Филипинах, Японии, Узбекистане, Казахстане, Таджикистане и на Дальнем Востоке. Этот вид обитает в планктоне небольших водоёмов, рыбных прудов, а также водоёмов рисовых полей.

Находка представителя тропической фауны копепод *T. taihokuensis* на территории Европейской части России свидетельствуют о продолжающемся расширении его ареала на северо-запад. Концепция биологических инвазий в настоящее время весьма популярна, и ей можно объяснить присутствие *T. taihokuensis* на территории Среднего Поволжья. Мы предполагаем, что, как и в случае с *I. spinifer* распространение этого вида за пределы своего естественного ареала может быть также связано с балластными водами судов. Следует отметить, что это не первая находка несвойственных для фауны Европейской России веслоногих ракообразных в бассейне р. Сура.

Дальнейшие мониторинговые исследования акватории Чебоксарского водохранилища и его притоков, помогут не только судить об успешности натурализации обнаруженных тропических видов, но и об их экологических предпочтениях на территории Европейской России. Немногочисленность находок этих видов за пределами тропических и субтропических регионов косвенно подтверждают гипотезу о недавнем расширении их ареалов на север. При этом остается открытым вопрос о том, насколько популяция этих видов в условиях Нижегородской области

стабильны во времени. Это может быть выяснено в ходе дальнейших исследований. Долгосрочные исследования должны быть основой контроля состояния водных экосистем России и других стран, поскольку именно они позволят уверенно говорить об изменении ареала того или иного вида.

Работа выполнена при частичной поддержке Русского географического общества (грант «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» №06/2018-Р).

Список литературы

1. Kotov A. A., Dumont H. J. Analysis of the *Pyocryptus spinifer* s. lat. species group (Anomopoda, Branchiopoda), with description of a new species // *Hydrobiologia*. 2000. Vol. 428, iss. 1. P. 85–113. <https://doi.org/10.1023/A:1003983723896>
2. Monchenko V. I. Redescription of the Oriental *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) from its westernmost population // *Zoology in the Middle East*. 2008. Vol. 43, iss. 1. P. 99–104. <https://doi.org/10.1080/09397140.2008.10638274>
3. Лазарева В. И., Сабитова Р. З., Быкова С. В., Жданова С. М., Соколова Е. А. Распределение летнего зоопланктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы // *Труды ИБВВ РАН*. 2018. Вып. 83 (86). С. 62–84.

ЦЕНТРОХЕЛИДНЫЕ СОЛНЕЧНИКИ (PROTISTA: CENTROPLASTHELIDA) БАСЕЙНОВ ДОНА, ДНЕПРА И ВОЛГИ

Загумённый Д.Г.^{1,2}

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок

²Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Ключевые слова: Protista, Centroplasthelida, протисты, центрохелидные солнечники, электронная микроскопия, морфология, Восточно-Европейская равнина, р. Дон, р. Днепр, р. Волга

Центрохелидные солнечники - группа свободноживущих гетеротрофных амебодных протистов, которые вместе с гаптофитовыми водорослями входят в группу Haptista, родственную супергруппе SAR [1].

Центрохелиды имеют внешний клеточный скелет, в основном представленный либо органическими спикулами, либо разнообразными кремниевыми чешуйками. Благодаря вариативности в составе и строении скелетных элементов, возможна достаточно надежная видовая идентификация этих организмов с использованием электронной микроскопии. Так же показана хорошая корреляция между морфологией элементов внешнего скелета и молекулярно-филогенетическими данными [2], однако бывают и исключения.

Не смотря на специальные исследования, проводимые К.А. Микрюковым, М.М. Леоновым, Л.П. Гапоновой и другими [3], данные о центрохелидах водных экосистем Восточно-Европейской равнины (как и других территорий земного шара) все еще фрагментарны.

Нами исследовались водоемы, водотоки и почвенные микроценозы, относящиеся к водосборным бассейнам трех крупнейших рек Восточно-Европейской равнины: Волги, Днепра и Дона. Сборы проб проводились в 2013- 2018 годах на территории восьми регионов России (Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Ростовская и Ярославская области), а также четырех регионов Украины (Донецкая, Киевская, Черкасская и Черниговская области). Исследования проводились с использованием световой (фазовый контраст, дифференциально-интерференционный

контраст) и электронной (трансмиссионная, сканирующая) микроскопии, а также с привлечением методов молекулярной филогенетики.

Получено 2575 СЭМ- и 165 ТЭМ-снимков. Дано подробное описание морфологии всех исследованных видов.

В результате работы обнаружено 50 видов центрохелидных солнечников. Из них 14 видов (28%) оказались предположительно новыми для науки.

Произведено сравнение видового состава центрохелидных солнечников бассейнов Волги, Дона и Днепра. В водных биоценозах бассейна Дона отмечено 36 видов, Днепра - 21 вид, Волги - 19 видов.

Для дальнейшего более подробного изучения выделены и поддерживаются чистые культуры 22-х видов центрохелид. Выделена ДНК некоторых видов. Секвенированы последовательности генов 18S рДНК. Построены филогенетические деревья ранее не изученных видов.

Автор выражает глубокую благодарность А.П. Мыльникову за его неоценимый вклад в освоение методик, постоянный интерес и внимание к работе, важные замечания и советы. Так же автор очень признателен Ю.В. Белобродской, Ю.В. Дубровскому, Г.Н. Загумённому, А.Г. Корниясову, М.В. Черкасских, В.А. Яковлевой за помощь в отборе проб, Л.В. Радайкиной и К.И. Прокиной за помощь в подготовке препаратов и поддержании культур, а также Д.В. Тихоненкову за помощь в овладении методами молекулярной филогенетики и консультации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-14-00239).

Список литературы

1. Adl S. M. Revisions to the Classification, Nomenclature and Diversity of Eukaryotes / S.M. Adl, D. Bass, C. E. Lane, J. Lukeš, C. L. Schoch, A. Smirnov, S. Agatha, C. Berney, M. W. Brown, F. Burki, P. Cárdenas, I. Čepička, L. Chistyakova, J. Campo, M. Dunthorn, B. Edvardsen, Y. Eglit, L. Guillou, V. Hampl, A. A. Heiss, M. Hoppenrath, T. Y. James, A. Karnkowska, S. Karpov, E. Kim, M. Kolisko, A. Kudryavtsev, D. J. Lahr, E. Lara, L. Le Gall, D. H. Lynn, D. G. Mann, R. Massana, E. A. Mitchell, C. Morrow, J. S. Park, J. W. Pawlowski, M. J. Powell, D. J. Richter, S. Rueckert, L. Shadwick, S. Shimano, F. W. Spiegel, G. Torruella, N. Youssef, V. Zlatogursky, Q. Zhang // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2019. Vol. 66, iss. 1. P. 4–119. <https://doi.org/10.1111/jeu.12691>
2. Zlatogursky V. V. Klimov V. I. Barcoding heliozoa: perspectives of 18S rDNA for distinguishing between *Acanthocystis* species // Protist. 2016. Vol. 167, iss. 6. P. 555–567. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2016.09.004>
3. Гапонова Л. П. Центрохелідні сонцевики (Centrohelea Cavalier-Smith, 1993) Київського та Чернігівського Полісся : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2009. 17 с.

ДОБАВОЧНЫЕ НИДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ АРКТИЧЕСКИХ СЕПИОЛИД (CERPHALOPODA) ИЗ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Ильясова А.И., Голиков А.В., Порфирьев А.Г., Сабиров Р.М.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Ключевые слова: *Cerphalopoda*, *Sepiolida*, *Rossia*, добавочные нидаментальные железы, Баренцево море, Арктика

Несмотря на распространенность головоногих моллюсков в экосистеме Мирового океана, многие аспекты их биологии по-прежнему остаются слабоизученными. В частности, в половой системе самок отрядов Sepiida, Sepiolida и Myopsida имеются

добавочные нидаментальные железы (ДНЖ), состоящие из трубочек, заполненных бактериями-симбионтами. Известно, что они выделяют особые вещества, защищающие кладки от патогенных микроорганизмов [1]. В Арктике, в частности, в Баренцевом море, встречаются представители отряда Sepioida, представленным родом *Rossia* [2].

Материалом для исследования послужили сборы головоногих, полученные в рамках экосистемной съемки Баренцева моря, проводимой Полярным филиалом ВНИРО (ПИНРО, г. Мурманск) и Институтом морских исследований (г. Берген, Норвегия) в 2005 - 2017 гг. В ходе работы были изучены ДНЖ 31 самки *R. palpebrosa* Owen, 1834 (длина мантии (ДМ) 18 - 52 мм) и 18 самок *R. megaptera* Verrill, 1881 (ДМ 32 - 42 мм). Все животные находились на III – V₂ стадиях зрелости (ст. зр.). У каждой железы измерялись длина, ширина и масса. Для гистологического анализа были выбраны ДНЖ зрелых самок (V₂ ст. зр.), препараты были приготовлены по стандартной методике и окрашены гематоксилин-эозином [3]. Морфометрическая обработка срезов производилась в программе ImageJ.

ДНЖ исследуемых видов внешне идентичны. Они имеют ушковидную форму, на вентральной поверхности есть желоб, в который впадают протоки нидаментальных желез (НЖ). У незрелых особей ДНЖ белые, но по мере созревания они приобретают ярко-красную окраску, обусловленную накоплением пигмента бактериями. После длительной фиксации в 4% растворе формальдегида окраска, как правило, исчезает, но у некоторых самок она сохранилась в виде ярких пятен на поверхности железы. Относительные длина и ширина ДНЖ *R. megaptera* оказались достоверно более крупными (4,8-17,3 (10,8±0,36) % от ДМ и 4,8- 8,9 (6,8±0,26) % от ДМ, соответственно) ($p < 0,05$ и $p < 0,01$, соответственно). У *R. palpebrosa* эти показатели составляют 7,3-14,3 (10,9±0,43) % от ДМ и 5,7-14,3 (9,3±0,49) % от ДМ. Также у обоих видов длина ДНЖ достоверно превышает их ширину. По мере роста ДМ относительные размеры желез уменьшаются.

На гистологическом уровне также не выявлено различий между видами. Покров железы образован многорядным мерцательным эпителием. Он наиболее выражен в области желоба, где высота эпителиоцитов в 3 - 4 раза больше по сравнению с остальной поверхностью ДНЖ. Строма образована соединительной тканью и содержит много кровеносных сосудов разной площади сечения. На срезах хорошо видны трубочки разной формы, от округлой до вытянутой или амебоидной формы. Они образованы призматическим эпителием, люминальная поверхность клеток покрыта щеточной каемкой. Полости трубочек заполнены различными по плотности бактериальными массами. Опираясь на литературные данные [1], мы предположили, что рыхлые скопления образованы палочковидными бактериями, более плотные и гомогенные - шаровидными. У *R. megaptera* трубочки занимают 41,7 - 64,0 (55,4±2,1) % от площади сечения железы, что достоверно превышает этот признак у *R. palpebrosa* (19,6 - 47,4 (37,4±4,2) %) ($p < 0,01$).

R. palpebrosa и *R. megaptera* имеют типичное для сепиолид строение ДНЖ. Они растут с отрицательной аллометрией и, очевидно, приобретают вытянутую форму в ходе онтогенеза. Внешняя морфология ДНЖ и их гистологический анализ позволяют предположить, что выделение секрета, производимого бактериями-симбионтами, и его дальнейшее всасывание НЖ происходят в области желоба. *R. megaptera*, чьи железы достоверно более крупные при меньшей ДМ, имеет большую плодовитость, и, как следствие, нуждается в большем количестве антимикробных веществ для защиты кладок. Тем не менее, корреляции между плодовитостью и размерами ДНЖ не выявлено. Вероятно, размеры желез являются видовой характеристикой.

Список литературы

1. Collins A. J., LaBarre B. A., Wong Won B. S., Shah M. V., Heng S., Choudhury M. H., Haydar S. A., Santiago J., Nyholm S. V. Diversity and Partitioning of Bacterial

- Populations within the Accessory Nidamental Gland of the Squid *Euprymna scolopes* // Applied and Environmental Microbiology. 2012. Vol. 78, iss. 12. P. 4200–4208. <https://doi.org/10.1128/AEM.07437-11>
- Голиков А. В., Сабиров Р. М., Любин П. А., Захаров Д. В., Зими́на О. Л. Особенности современного распространения головоногих моллюсков (Cephalopoda) в западной части Арктики // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа : материалы XIII Междунар. науч. конф. с междунар. участием, г. Мурманск, 2-4 ноября 2016 г. Ростов-на-Дону : изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 72–75.
 - Иванов И. Ф., Ковальский П. А. Цитология, гистология, эмбриология. Москва : Колос, 1976. 446 с.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ И МОРФОЛОГИИ АРКТИЧЕСКОЙ ПОГОНОФОРЫ *NEREILINUM MURMANICUM* (IVANOV, 1961)

Канафина М.М.¹, Голиков А.В.¹, Захаров Д.В.², Яковлева А.И.¹, Сальникова М.М.¹,
Шарафутдинова Д.Н.¹, Порфирьев А.Г.¹, Сабиров Р.М.¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт фундаментальной
медицины и биологии, г. Казань

²Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного
хозяйства и океанографии ("ПИНРО" им. Н. М. Книповича), г. Мурманск

Ключевые слова: Арктика, погонофоры, арктические френуляты, трофосома, бактериоциты

В начале прошлого столетия науке стали известны удивительные существа, населяющие морские глубины с богатым содержанием сероводорода, - погонофоры [1]. С тех пор изучению их морфологии, анатомии и экологии был посвящен не один десяток исследований, однако некоторые особенности их строения и существования все еще остаются нерешенной загадкой. В особенности это касается арктических френулят, к числу которых относится *Nereilinum murmanicum*, впервые обнаруженная в 1961 г. в Баренцевом море [2].

Материалом для работы послужила 181 особь *N. murmanicum*, собранные в рамках программы бентосной съемки Баренцева моря научно-исследовательскими судами ПИНРО им. Н. М. Книповича (г. Мурманск) в 2006 и 2018 г. В ходе нашей работы изучались экология, внешняя морфология, а так же особенности организации постаннулярного отдела метасомы погонофор на тонком и ультратонком уровнях. Погонофоры, использовавшиеся нами в данной работе, были найдены в центральной части Баренцева моря (72°30' - 78°03' N; 29°57' - 51°01' E) на различных глубинах (75,2 - 341 (250,48±9,46) м) с разнообразным характером грунта (от глинистого ила до песка и каменистого грунта). Значения температуры и солености в свою очередь различались: - 0,31 - 2,98 (0,89±0,39) °C и 34,49 - 35,07 (34,92±0,06) соответственно. По данным количественного распределения, можно прийти к выводу, что *N. murmanicum* является высокобореально-арктическим видом.

N. murmanicum обладает тонким нитевидным телом, состоящем из 4-х сегментов: прото-, мезо-, мета- и опистосомы. Максимальная длина червя достигает 10 см, ширина же не превышает 0,3 мм. Передний сегмент (протосома) несет пару тонких длинных щупалец, не имеющих пиннул, и коническую головную лопасть. Протосома и мезосома разделены уздечкой, образованной утолщенными участками кутикулы. Ниже уздечки на мезосоме располагаются железистые полоски, вырабатывающие секрет для

постройки трубки. Подобно другим френулятам самым длинным отделом является метасома, в которой различают несколько структурных участков. Преаннулярный отдел метасомы позразделен на 2 участка, в первом из которых (метамерный участок) папиллы располагаются в один ряд на обоих дорсальных валиках, ограничивающих вентральный желобок. В неметамерной области папиллы беспорядочно разбросаны. Преаннулярный отдел ограничен от постаннулярного парой вентральных поясков и зоной сгущения папилл. На вентральной стороне постаннулярного отдела располагаются конические папиллы, на дорсальной - щитки. Сквозь эпидермис можно разглядеть темно серую трофосому. Последний отдел тела - опистосома - является самым коротким, имеет овальную форму и сегментацию. Опистосома чаще всего отрывается от метасомы при поимке погонофор, нами была обнаружена только у двух особей 2006 г. Тело *N. turmanicum* заключено в цилиндрическую желто-коричневую хитиновую трубку. Трубка не сегментирована, ее передний конец похож на прозрачную пленку, на остальной поверхности заметны коричневые кольца.

Тело погонофоры сверху покрывает плотная прозрачная кутикула. Под ней расположен эпителий, образованный плотно прилегающими друг другу однослойными кубическими клетками с крупными темноокрашенными ядрами. Внутри эпителиоцитов заметны небольшие темные гранулы. Далее располагаются два слоя мышц (продольный и кольцевой), которые достаточно слабо развиты в постаннулярном отделе. Примечательно, что местами продольная мускулатура напоминает мускулатуру нематоидного типа. Метацель метасомы образована парой целомических мешков. В ней были обнаружены кровеносные сосуды (более крупный спинной и более мелкий брюшной), а так же тубипорные железы, выделяющие секрет для постройки трубки.

Трофосома представляет собой тонкую извитую нить, полую внутри, занимающую центральное положение. Она тянется по всему постаннулярному отделу метасомы вплоть до опистосомы. Ширина трофосомы составляет 0,025 - 0,175 (0,079±0,003) мм, объем может варьировать от 0,00079 мм³ до 0,11958 мм³. Сверху трофосома покрыта перитонеальным эпителием, клетки которого имеют неправильную форму и обладают крупными ядрами и множеством многослойных гранул. Бактериоциты, собственно клетки самой трофосомы, обладают небольшими овальными ядрами с множеством глыбок хроматина. Благодаря ТЭМ в них были обнаружены скопления сероводородокисляющих симбиотических бактерий [3]. Они имеют палочковидную форму, их диаметр составляет 0,27 - 0,43 (0,36 ±0,03) мкм, а длина - 0,95 - 2,10 (1,50±0,16) мкм. Клетки бактерий окружены двумя видами гранул разных по структуре. Одни гранулы напоминают микровилли: они многослойны, их содержимое различается по плотности; тогда как другие однослойны. Диаметр гранул 1 и 2 типа составляет 0,93 - 2,47 (2,05±0,23) мкм и 1,144 - 2,10 (1,77±0,09) мкм соответственно. Функции и состав гранул остаются еще неизученными.

Список литературы

1. Caullery M. Sur les Siboglinidae, type nouveau d'Invertébrés recueilli par l'expédition du Siboga // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris. 1914. Vol. 158. P. 2014–2017. (et Bulletin de la Société zoologique de France. 2014. Vol. 39. P. 350–353).
2. Ivanov A. V. Deux genres nouveaux de Pogonophores diplobranchiaux Nereilinum et Siboglinoides // Cahiers de Biologie Marine. 1961. Vol. 2. P. 381–397.
3. Southward E. C. Bacterial symbionts in Pogonophora // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 1982. Vol. 62, iss. 4. P. 889–906. <https://doi.org/10.1017/S0025315400044131>

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ДОЛГОЕ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Кек И.В., Дрозденко Т.В.

ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический состав, экологические особенности, сапробность, озеро Долгое, Псковская область

Планктонные водоросли являются важным звеном биологического разнообразия водных экосистем. Изучение таксономического состава фитопланктона озер является актуальным для инвентаризации биоразнообразия, а также в целях эффективного использования и охраны водоемов. Индикаторные свойства фитопланктона определяются не только фактом нахождения или отсутствия определенных видов, но и степенью их количественного развития [1].

Озеро Долгое расположено в Струго-Красненском районе Псковской области. Водоем относится к непроточным, имеет площадь 15 га и глубину до 5,1 м. Степень зарастания озера макрофитами составляет 26 %. Отмечено наличие в водоеме вида из Красной Книги Псковской области - *Nymphaea alba* L.

Целью работы являлось исследование таксономического состава и выявление экологических особенностей фитопланктона озера Долгое в весенне-летний период 2017 г.

Пробы планктонных водорослей отбирали в апреле и июле 2017 г. с трех станций озера Долгое. Количественные пробы объемом 0,5 л зачерпывали из поверхностного горизонта (0,3-0,5 м) пластиковыми пробоотборниками, фиксировали 40 %-ым формалином, концентрировали осадочным способом и обрабатывали общепринятыми методами [2].

Доминирующими считали виды, суммарная численность которых составляла не менее 10 % общей численности фитопланктона. Для эколого-географического анализа использовали сведения из определителей и ряда монографий [1, 3]. Индекс сапробности рассчитывали по методу Пантле-Букк в модификации Сладечека.

В результате исследования в планктоне озера Долгое за весенне-летний период 2017 г. обнаружено 142 видовых и внутривидовых таксона водорослей, принадлежащие 85 родам, 44 семействам, 18 порядкам, 12 классам и 8 отделам: *Chlorophyta* (41 вид), *Bacillariophyta* (49), *Cyanoprokaryota* (20), *Dinophyta* (12), *Chrysophyta* (7), *Cryptophyta* (6), *Euglenophyta* (6), *Xanthophyta* (1).

Весной из 105 идентифицированных организмов по числу видовых и внутривидовых таксонов преобладали представители отдела *Chlorophyta* - 33 таксона (31,4 % от общего числа), далее следовали *Bacillariophyta* - 25 (23,8 %), *Cyanoprokaryota* - 17 (16,2 %) и *Dinophyta* - 12 (11,4 %). На остальные отделы приходился незначительный процент видов микроводорослей.

В летнее время обнаружено 93 таксона планктонных водорослей. По числу видов доминировали отделы *Bacillariophyta* - 38 таксонов (40,8 %), *Chlorophyta* - 28 (30,1 %) и *Cyanoprokaryota* - 10 (10,8 %).

Общая численность микроводорослей весной составляла 5,4 млн. кл/л с преобладанием представителей из отделов *Chlorophyta* и *Cyanoprokaryota*. Летом численность была почти в 2 раза ниже - 2,8 млн. кл/л с количественным преобладанием зеленых водорослей.

Согласно эколого-географической характеристике в озере Долгое преобладали космополиты - 56,9 % от общего числа. По отношению к местообитанию на планктонные формы приходилось 52,8 %, планктонно-бентосные - 27,8 %, бентосные - 11,1 %, обрастателей - 5,6 %. По отношению к солености 46,5 % микроводорослей

относились к индифферентам, 10,4 % - к галофилам и 4,2 % - к галофобам. По отношению к рН среды к алкалифилам относилось 20,8 % водорослей, индифферентам - 13,9 %, ацидофилам - 3,5 %.

Большинство микроводорослей предпочитали стояче-текучие воды - 23,6 %. На группу водорослей, обитающих в стоячих водах, приходилось 4,2 %. Представителем текучих вод был всего один вид - *Gomphonema parvulum* Kütz.

Сапробиологический анализ фитопланктона показал, что на группу β -мезосапробов приходилось 40,0 %. На виды, предпочитающие чистые воды, в совокупности приходилось 31,6 %, загрязненные - 28,4 %.

Средний индекс сапробности по Пантле-Букк в весенний период составил 2,05, в летний - 1,85, что свидетельствует об умеренном загрязнении воды озера Долгое.

Таким образом, планктонная альгофлора озера Долгое в весенний период характеризовалась как динофитово-цианопрокарриотно-диатомово-хлорофитовая, в весенний - цианопрокарриотно-хлорофитово-диатомовая. Согласно эколого-географической характеристике, в озере доминировали широко распространенные, пресноводные, планктонные формы микроводорослей, предпочитающие слабощелочные стояче-текучие воды. Согласно сапробиологическому анализу воды озера Долгое относятся к III классу качества вод - умеренно загрязненные.

Список литературы

1. Баринова С. С., Медведева А. Л., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
2. Судницына Д. Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков : ООО «ЛОГОС Плюс», 2012. 224 с.
3. Федоров, В Д. О методах изучения фитопланктона и его активности : [учеб. пособие]. Москва : Изд-во МГУ, 1979. 167 с.

АНАЛИЗ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОЦИТОВ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*, *CRASSOSTREA GIGAS* И *ANADARA KAGOSHIMENSIS*

Кладченко Е.С., Андреева А.А., Кухарева Т.А.

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: гемоциты, мидии, устрицы, анадара

Рост и выживание моллюсков в марикультуре обусловлены влиянием множества факторов, среди которых наиболее значимыми являются отклонение от оптимума температуры воды, солености и концентрации кислорода. У двустворчатых моллюсков физиологические реакции на факторы окружающей среды, антропогенные факторы и болезни опосредуются клетками, циркулирующими в гемолимфе - гемоцитами [1]. Гемоциты двустворчатых моллюсков участвуют в процессах восстановления раковины, транспорта питательных веществ и внутренних защитных реакций. Иммунная функция гемоцитов в настоящее время считается одной из наиболее важных для коммерчески культивируемых видов. Четкое понимание роли и функций гемоцитов у двустворчатых моллюсков требует их точной классификации, морфологической и физиологической характеристики. Существует множество публикаций по характеристике гемоцитов различных видов двустворчатых моллюсков. Однако различие, классификация и номенклатура клеток в гемолимфе моллюсков все еще является предметом обсуждения [2]

В настоящем исследовании гемоциты двух аквакультурных черноморских двустворчатых моллюсков *Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea gigas* и одного перспективного для аквакультуры вида *Anadara kagoshimensis*, охарактеризовали с помощью световой микроскопии и проточной цитометрии. Структура и морфология гемоцитов исследовалась по микрофотографиям. Функциональные параметры, включая уровень смертности, пролиферацию и спонтанную выработку АФК, исследовали методом проточной цитометрии.

Двустворчатые моллюски *A. kagoshimensis* отбирались в мае 2018 в прибрежной акватории г. Севастополь, мидии *M. galloprovincialis* и тихоокеанские устрицы *C. gigas* были получены с устрично-мидийной фермы (озеро Донузлав, Крым) в течение октября 2017 г. - ноября 2017 г. Гемолимфу отбирали стерильным шприцом из мускула-замыкалеля, трижды отмывали в стерильной морской воде. Микроскопическое исследование проводилось при помощи светового микроскопа (Biomed PR-2 Lum), оборудованного камерой (Levenhuk C NG Series). Диаметр клетки (без учета псевдоподий) и ядра измерялся в программе ImageJ 1.44 p. На каждом мазке подсчитывалось минимум 1000 клеток. Ядерно-плазматическое отношение (ЯПО) рассчитывалось исходя из отношения диаметра ядра к диаметру клетки. Уровень смертности, пролиферативная активность и спонтанная продукция активных форм кислорода (АФК) анализировались на проточном цитометре Beckman Coulter FC500 при помощи программы Flowing Software 5.2.

У мидий и анадары на основании по показателям прямого и бокового рассеяния два типа клеток с различным относительным размером и уровнем гранулярности - гранулярные и агранулярные. Микроскопическое исследование подтвердило наличие клеток с гранулами в цитоплазме и клеток без включений. У устриц были описаны три типа гемоцитов: агранулоциты, гиалиноциты и гранулоциты. Основным типом клеток гемолимфы у мидий и устриц были агранулярные клетки, составляющие $78.4 \pm 8.9\%$ и $86.7 \pm 2.7\%$ (агранулоциты и гиалиноциты), соответственно. У анадары преобладали гранулярные клетки $85.85 \pm 2.79\%$. Агранулоциты были наименьшим типом клеток мидий, устриц и анадары (8.0 ± 0.1 мкм; $9.1 \pm 0,1$ мкм и 7.8 ± 0.8 соответственно). У устриц и мидий они обладали округлой формой и крупными ядрами. У анадары агранулярные клетки были преимущественно эллиптической формы, хотя обнаруживались и амебоподобные округлые элементы. Гиалиноциты устриц были крупнее (9.7 ± 0.2 мкм) с эксцентрическими ядрами и неправильной формы. Гранулярные клетки всех видов содержали многочисленные эозинофильные, базофильные и смешанные гранулы и образовывали псевдоподии. На мазках гемолимфы анадары были идентифицированы клетки не содержащие гранул в цитоплазме. Данный тип клеток имел схожие с гранулярными клетками морфометрические характеристики (диаметр клетки - 13.9 ± 2.0 мкм; диаметр ядра - 8.9 ± 1.3 мкм), однако морфологически они существенно отличались. Цитоплазма имела эозинофильную окраску, сравнительно крупное ядро с высоким содержанием эухроматина располагалось преимущественно в центре клетки. ЯПО данного типа клеток в 1.9 раз превышал ЯПО гранулярных клеток. Однако, поскольку данные типы клеток нельзя разделить методами отличными от световой микроскопии, в настоящей работе они рассматриваются исключительно как подтипы гранулярных клеток.

Проточная цитометрия показала, что агранулярные гемоциты мидий и устриц продуцируют значительно меньше активных форм кислорода по сравнению с гранулоцитами. Последнее свидетельствует о том, что гранулярные клетки двустворчатых моллюсков, в частности мидий и устриц, в большей степени способны к продукции АФК в сравнении с агранулоцитами, а значит преимущественно участвуют в иммунном ответе. Интересно, что в исследовании гемолимфы анадары отсутствуют статистические различия в способности генерировать АФК между

идентифицированными морфотипами. Это, вероятно, свидетельствует о том, что гранулярные клетки анадары в равной степени с агранулярными участвуют в иммунном ответе. Аналогичный результат был получен в работе Dang C. et al. на виде *Anadara trapezia* (Deshayes, 1839) [3].

Таким образом, методом проточной цитометрии и световой микроскопии выделено два основных типа клеток гемолимфы *A. kagoshimensis* и *M. galloprovincialis* - гранулярные и агранулярные, а так же три типа у *C. gigas* - гранулоциты, агранулоциты и гиалиноциты.

Работа выполнена в рамках Госзадания (номер гос. регистрации № 0828-2018-0003).

Список литературы

1. Andreyeva A. Y., Efremova E. S., Kukhareva T. A. Morphological and functional characterization of hemocytes in cultivated mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and effect of hypoxia on hemocyte parameters // Fish & Shellfish Immunology. 2019. Vol. 89. P. 361–367. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.04.017>
2. Hine P. M. The inter-relationships of bivalve haemocytes // Fish & Shellfish Immunology. 1999. Vol. 9, iss. 5. С. 367–385. <https://doi.org/10.1006/fsim.1998.0205>
3. Dang C., Cribb T. H., Osborne G., Kawasaki M., Bedin A. S., Barnes A. C. Effect of a hemiuroid trematode on the hemocyte immune parameters of the cockle *Anadara trapezia* // Fish & Shellfish Immunology. 2013. Vol. 35, iss. 3. P. 951–956. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.07.010>

ИЗУЧЕННОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Климова Н.Б.

Уральский филиал ФГБНУ ВНИРО (УралВНИРО) г. Екатеринбург

Ключевые слова: гидробиология, исследования, водохранилища, зоопланктон

Территория Свердловской области принадлежит бассейнам семи основных рек, пересекающих границу области: Тавда, Тура, Пышма, Исеть, Чусовая, Уфа, Сытва. Неравномерность распределения речного стока по территории и во времени потребовала его регулирования путем создания водохранилищ. Отличительная особенность регулирования стока основных рек области - каскадное расположение водохранилищ, которых в настоящее время насчитывается более 413, большинство из них имеют площадь от 0,1 тыс. до 10 тыс. км² [1]. Первые водохранилища на Урале - это заводские пруды, вызванные к жизни горно-металлургическими предприятиями, которые берут свое начало с 1700 года [2]. Общая площадь уральских водохранилищ к началу XX в. составила 450 км², максимальные глубины достигали от 4 до 16 м.

Современные водохранилища Свердловской области - преимущественно эвтрофные водоемы, либо интенсивно цветущие, либо зарастающие и заиляющиеся, с достаточно загрязненной водой, что обусловлено их возрастом, географическим положением, морфометрическими характеристиками и высокой антропогенной нагрузкой. Подавляющее большинство водохранилищ относится к объектам промышленного и условно сельского хозяйственно-бытового назначения и практически не исследованы с гидробиологической точки зрения.

Начало изучения зоопланктона в водохранилищах Свердловской области было заложено в 30-40-е гг. XX в. Г. В. Алешиным, Г. П. Померанцевым и З. Н. Берг. Ими впервые дана краткая характеристика зоопланктона водохранилищ Свердловского

промузла (Верх-Исетского, Исетского, Белоярского и Нижне - Исетского), Верхневыйского и Аятского водохранилищ.

В 1950-1960-е годы существенно расширяется программа исследований кормовой базы рыбохозяйственных водоемов, выясняются особенности развития и пищевые взаимоотношения между гидробионтами. Подробный обзор гидробиологических исследований на Урале дан в работе М. В. Грандильевской-Дексбах и Н. К. Дексбах [3]. В 1957 г. Е.В. Шилковой описан зоопланктон Ново-Уткинского пруда и Белоярского водохранилища, С.И. Уломский исследует зоопланктон Верх-Исетского пруда. В это же время им углубленно разрабатывается методика сбора и обработки гидробиологического материала, в дальнейшем сыгравшая важную роль в совершенствовании количественных методов учета кормовых организмов в водоемах. В работах С. И. Уломского освещаются вопросы, связанные с влиянием болотного водосбора, ГРЭС и промышленных стоков на развитие зоопланктона водохранилищ. Зоопланктон Волчихинского водохранилища изучался С. И. Уломским и М. В. Грандильевской-Дексбах в связи со строительством сооружений фильтровальной станции для водоснабжения г. Екатеринбургa.

Краткую характеристику зоопланктона Аятского водохранилища в 1949 г. дает Липская Н. Б. Более подробно зоопланктон водохранилища изучался И. В. Козловой и Т. С. Любимовой в 1960-1970-е гг. Ими рассчитывается продукция зоопланктона, и на этой основе определяется величина потенциальной рыбопродукции водоемов.

В 1986 г. УралНИИВХ проводит инвентаризационные комплексные исследования водоемов Свердловской области с определением влияния бытового и промышленного загрязнения на водные организмы Рефтинского, Белоярского и Исетского водохранилищ.

В 1971 г. зоопланктон Верхне-Тагильского водохранилища изучался специалистами УралВНИОРХ в рамках исследований спектра питания белого толстолобика.

С середины 70-х годов в связи с загрязнением водоемов крупнейшими промышленными комплексами и острой нехваткой чистой воды гидробиологические исследования водохранилищ Урала приобретают важное значение. Ежегодно проводятся систематические, детальные исследования зоопланктона на трех основных крупных водохранилищах области: Белоярском, Рефтинском и Исетском. Определение продукции зоопланктона на сбросных теплых водах водохранилищ периодически выполнялись специалистами Уральского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («УралНИРО»): Козловой И. В. (1961-2007), Любимовой Т. С. (1984-2005г), Савиной Л. М. (1998-2005), Некрасовой Е. А. (2008-2012), Трифоновым А. Е. (2012-2015), Климовой Н. Б. (2016- по настоящее время) и Института экологии растений и животных УрО РАН Гусевой В.П. (1986-2008), Эти исследования позволяют оценить динамику развития сообществ гидробионтов на протяжении 30 - 40 лет.

Прогнозированию биологического режима, разработке мер по реконструкции фауны, управлению ею и повышению продуктивности малых водохранилищ также уделяется большое внимание. Зоопланктон Нижне - Туринского водохранилища исследовался Т. С. Любимовой в 1991-1992 гг., 1997-1998 гг., Верх - Исетского - Т. С. Любимовой в 1993 г., Е. А. Некрасовой - в 2009 г., Нижне-Исетского - Т. С. Любимовой в 2000 г., Ленёвского и Нижне-Тагальского водохранилищ Климовой Н.Б. - в 2016-2017 гг.

Следует отметить, что огромное количество материалов по исследованию зоопланктона водохранилищ Свердловской области так и остались неопубликованными и хранятся в виде рукописей и отчетов в фондах научно-исследовательских организаций Уральского региона (Институт экологии растений и животных УрО РАН; УралВНИРО (бывший Уральский филиал ГосНИОРХ, Уральский филиал ФГУП «Госрыбцентр»); РосНИИВХ).

Оценивая современный уровень изученности зоопланктона водохранилищ Свердловской области, следует отметить его крайнюю неравномерность и недостаточную глубину. Большинство исследований охватывают довольно короткий период (не более 2-3 лет), в большинстве случаев они носят разовый характер.

Наиболее изученными являются самые крупные и важные с хозяйственной точки зрения водохранилища области: Белоярское, Исетское, Рефтинское и Аятское. По известным нам данным, исследования зоопланктона охватывают только 13 водохранилищ из более 413.

Учитывая общее количество водохранилищ Свердловской области, можно сделать вывод о крайней недостаточной изученности зоопланктона и необходимости расширения и углубления исследований этой группы гидробионтов в водоемах региона.

Государственное задание.

Список литературы

1. Водные ресурсы Свердловской области / под ред. Н. Б. Прохоровой ; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2004. 432 с.
2. Балабанова З. М. Уральские водохранилища // Труды УралНИОРХ. 1964. Т. 6. С. 181–200.
3. Грандилевская-Дексбах М. Л., Дексбах Н. К. Обзор гидробиологических исследований на Восточном склоне Урала // Труды Свердловского сельскохозяйственного института. 1970. Т. 20. С. 219–238.

ЗООБЕНТОС ВОСТОЧНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Ковалёв Е.А.

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: зообентос, Таганрогский залив, виды вселенцы, сообщества зообентоса

Таганрогский залив представляет собой мелководный водоем, с запада отделенный от Азовского моря косами Долгой и Белосарайской, с востока ограничен дельтой реки Дон. Залив принято разделять на три района: восточный, центральный и западный [1]. Из них наиболее распресненный водами реки Дон - восточный район, а наименее западный. В работе рассмотрены восточный и центральный районы, подверженные изменению солености под воздействием течений и изменяющегося в течение сезона стока Дона. Глубины в местах отбора проб изменялись от 3,5 м до 8 м. Грунты в восточном и центральном районе преимущественно илистые, илисто-ракушечные.

Материалом для исследований послужили данные гидробиологических съёмок Азовского моря, выполненные Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») летом и осенью в 2017-2018 гг.

Материал отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м². Далее промывали через систему сит и фиксировали 70 % этиловым спиртом с добавлением формалина. Обработку материала проводили в лабораторных условиях, по общепринятым методикам. Сообщества зообентоса выделяли методами статистического анализа с использованием программы Primer-6. Сходство состава донной фауны определяли по коэффициенту Брея-Кёртиса. Для вычисления использовали биомассу, которую предварительно трансформировали, извлекая квадратный корень.

Таксономический состав был представлен 25 таксонами, до видов определено 19 из них полихеты: *Alitta succinea*, *Marenzelleria neglecta*, *Hediste diversicolor*, *Hypaniola*

kowalewskii, *Laonome xeprovala*, *Streblospio gynobranchiata*, моллюски: *Corambe obscura*, *Hydrobia acuta*, *Parthenina interstincta*, *Adacna vitrea*, *Cerastoderma glaucum*, *Monodacna colorata*, ракообразные: *Amphibalanus improvisus*, *Gastrosaccus sanctus*, *Iphinoe maeotica*, *Jaera (Jaera) sarsi*, *Pterocuma pectinatum*, *Rhithropanopeus harrisii*, фораминиферы: *Ammonia beccarii*. Остракод, хирономид, молодь полихет и ракообразных до вида не определяли.

Проведенный анализ материала исследованных районов позволил выделить три сообщества зообентоса.

Сообщество с доминированием Chironomidae и *A. vitrea*. Субдоминантами являлись *C. glaucum* и Oligochaeta. Было отмечено в восточном районе, летом 2017 г. на илистом грунте с примесью ракуши. Глубины в пределах сообщества изменялись от 3,5 м до 4 м. В состав сообщества входили 10 таксонов. Средняя биомасса и численность донного населения в сообществе составляли 17,1 г/м² и 9223 экз./м².

Сообщество с доминированием *M. neglecta*, *A. succinea*. Субдоминантами в нем являлись *C. glaucum*, *H. diversicolor*, *S. gynobranchiata*, Oligochaeta. Данное сообщество отмечено в центральном и восточном районах Таганрогского залива в 2017-2018 гг. Глубины в пределах сообщества изменялись от 3,6 м до 8 м. В состав сообщества входили 20 таксонов. Биомасса и численность имели средние значения 37,3 г/м² и 23303 экз./м².

Сообщество с доминированием Chironomidae, *A. improvisus* и Ostracoda. В роли субдоминантов выступали *A. succinea* и *H. diversicolor*. Это сообщество располагалось в центральном и восточном районах на илистых и илисто ракушечных грунтах. Глубины в пределах этого сообщества изменялись от 4,8 м до 6,9 м. Сообщество было представлено 15 таксонами. Средняя биомасса и численность бентоса в сообществе составляли соответственно 15,5 г/м² и 38721 экз./м².

Все выделенные сообщества зообентоса включают в свой состав, наряду с аборигенными видами, виды вселенцы.

Полихеты вселенцы в Таганрогский залив заслуживают отдельного внимания. Они имеют значительную долю в составе бентофауны. Эти виды относятся к двум семействам и трем видам. Наиболее значимый вклад в фауну оказывает *M. neglecta*. Впервые вселенец отмечен в 2014 году [2]. На момент исследований вид входил в сообщество в качестве доминанта и образовал самовоспроизводящую популяцию в Таганрогском заливе, так как в водоёме были отмечены его разновозрастные особи и планктонные личинки. По нашим данным он полностью отсутствовал в западном районе и образовывал скопление только в восточном и центральном районах залива. Остальные виды полихет-вселенцев *S. gynobranchiata* и *L. xeprovala* входили в состав исследованных сообществ только как субдоминанты и второстепенные виды.

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы. Большинство представленных в районах исследования видов являются эвригалинными. Выделенные сообщества отражают влияние вселенцев на экосистему Таганрогского залива, так как самом распространенном сообществе в роли доминанта выступает вид вселенец. Это говорит о значительной роли вселенцев в составе фауны в восточном и центральном районах залива. Исследуемые районы Таганрогского залива отличаются обилием и разнообразием зообентоса, что формирует благоприятную кормовую базу для рыб бентофагов.

Государственное задание.

Список литературы

1. Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод СССР. Москва : Пищепромиздат, 1938. 510 с.
2. Сёмин В. Л., Сикорский А. В., Коваленко Е. П., Булышева Н. И. Вселение представителей рода *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) в дельту

ЭПИФИТОН МОРСКОЙ ТРАВЫ РОДА *ZOSTERA* В ЛИМАНЕ ДОНУЗЛАВ (КРЫМ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Ковалева М.А., Надольный А.А., Макаров М.В., Копий В.Г.

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

Ключевые слова: Zostera, эпифитон, макрозообентос, Донузлав

Зарослевые сообщества прибрежных акваторий очень динамичны, поскольку находятся под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. В зарослях макрофитов создаются благоприятные условия для обитания большого количества различных организмов. Эпифитон рода *Zostera* один из наиболее типичных в Черном море [1; 2]. Тем не менее, он еще недостаточно изучен. Есть работы только по Каркинитскому заливу (1967 г.) и бухте Казачья (1970-1971 гг. и 2006-2007 гг.) [2; 3].

Донузлав (Северо-Западный Крым) врезается вглубь полуострова на 30 км, отделяя Тарханкутский полуостров от остального Крыма. Наибольшая его глубина - 27 м, в устье ширина доходит до 8,5 км. От моря Донузлав отделён пересыпью длиной около 12 км, шириной 0,3-1 км. В лимане Донузлав эпифитон морской травы зостеры ранее не исследовали.

Таким образом, цель данной работы - изучение видового состава, численности и биомассы макрозообентоса в эпифитоне *Zostera* лимана Донузлав.

Морскую траву рода *Zostera* отбирали в сентябре 2015 г. в Юго-Западной части озера Донузлав с глубины 2-3 м с помощью мешка из мельничного газа размером ячеей 0,5 мм. В лабораторных условиях делали смыв, животных разбирали по таксономическим группам, идентифицировали до вида, подсчитывали количество особей, взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,001 г, затем рассчитывали численность (экз.) и биомассу (г) каждого вида на единицу веса зостеры (кг). Всего собрано 7 кг зостеры. Номенклатуру видов приводили в соответствии с мировым реестром World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>).

Всего в эпифитоне зостеры обнаружено 32 вида макрозообентоса, относящихся к типам Annelida (8 видов), Mollusca (10 видов) и Arthropoda (14 видов).

Среди Mollusca представлены *Bivalvia* (4 вида) и *Gastropoda* (6 видов). Двустворчатые моллюски - *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1790), *Cerastoderma glaucum* Poiret, 1789, *Loripes lucinalis* (Lamarck, 1818), *Gouldia minima* (Montagu, 1803) - не классические обитатели зарослевых сообществ. Линейная структура листа зостеры удобна для временного поселения молодежи *Bivalvia*. Подрастая, они переходят на рыхлые грунты, где и достигают максимальных размеров. В наших сборах все указанные виды были представлены молодью. Среди брюхоногих моллюсков большинство видов являются эвритопами - *Bittium reticulatum* (Da Costa, 1778), *Rissoa splendida* Eichwald, 1830, *R. membranacea* J. Adams, 1800, *R. parva* (Da Costa, 1778) и *Tricolia pullus* Linnaeus, 1758 - в том числе характерными для зарослевых биоценозов. Лишь вид из рода *Tritia* типичный обитатель рыхлых грунтов, откуда, он, вероятно, случайно попал на зостеру. Среди полихет и ракообразных отмечены типичные представители водорослей, рыхлых и твердых субстратов.

Средняя численность макрозообентоса в эпифитоне *Zostera* составила 146±4 экз./кг. По этому показателю среди всего бентоса преобладает танаидовый рак *Chondrochelia savignyi* (Kroyer, 1842) - 61 экз./кг. Многочисленным этот вид был и в районе Севастополя в 1970-1971 гг. [2]. Среди полихет преобладали представители семейства Nereididae (273 экз./кг) и Spirorbidae - *Pileolaria militaris* Claparède, 1870 и *Janua*

heterostropha (Montagu, 1803) - два вида, образующие мелкие белые известковые трубки плотно прилегающие к zostере. Оба вида были весьма многочисленны, однако их количественный учет требует определенных методик и нами осуществлен не был. Среди моллюсков незначительно выделяется гастропода *R. parva* (Da Costa, 1778), тогда как другие брюхоногие моллюски - *B. reticulatum* (Da Costa, 1778), *R. splendida* Eichwald, 1830, *R. membranacea* J. Adams, 1800 и *Tr. pullus* Linnaeus, 1758, здесь малочисленны, хотя, например, в бухте Казачья они были весьма многочисленными видами [2;3].

Средняя биомасса макрозообентоса в эпифитоне zostеры составила $2,4 \pm 0,1$ г/кг. По данному показателю также доминируют ракообразные - креветка *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 и *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761). Их средние биомассы составили по 0,9 г/кг. Можно в некоторой степени выделить двустворчатого моллюска *Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789) со средней биомассой 0,2 г/кг. Биомасса остальных видов макрозообентоса здесь очень мала.

Тезисы подготовлены в соответствии с Государственным заданием «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана, номер гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2.

Список литературы

1. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря. Санкт-Петербург : Тип. Имп. Акад. наук, 1913. 299 с. (Зап. Имп. Акад. наук. Сер. 8. Т. 32, вып. 1.).
2. Маккавеева Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря. Киев : Наукова думка, 1979. 229 с.
3. Макаров М. В. Таксоцен Mollusca в эпифитоне морской травы *Zostera* sp. в акватории бухты Казачья (Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 3. С. 92–97.

РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВЫ РАКОВИНЫ *ARCTICA ISLANDICA* (BIVALVIA, VENEROIDA) ИЗ АКВАТОРИИ ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ

Кремкова С.А.¹, Беспярых А.В.¹, Евтюгин В.Г.²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

²Междисциплинарный центр "Аналитическая микроскопия", г. Казань

Ключевые слова: *Arctica islandica*, возраст, размерная структура, элементный состав

Arctica islandica (Linnaeus, 1767) или исландская циприна - атлантический субтропическо-бореальный вид двустворчатых моллюсков. Возраст самой взрослой особи, обнаруженной в водах Исландии, был определен более чем в 500 лет [1,2]. По внешней структуре раковин точно определить возраст удается у особей, достигших не более 10 летнего возраста, далее годовой прирост раковины составляет менее 1 мм, что слабо отражается во внешней ее структуре. При этом наиболее точной методикой определения возраста становится подсчет колец во внутренних слоях раковины. Циприна исландская, как долгоживущий организм, представляется одним из перспективных модельных объектов для изучения элементного состава раковины с целью выявления факторов, влияющих на аккумуляцию тех или иных ее компонентов. Настоящее исследование посвящено установлению возраста и характера роста, а также элементного состава раковины *A. islandica* из популяции губы Чупа Белого моря.

Для получения шлифов с целью определения возраста из 29 левых створок раковин выпиливался радиальный фрагмент шириной около 3 мм. Из полученных фрагментов отделялась зона подмакушечных зубов замка, которая с обеих сторон шлифовалась абразивной бумагой с зернистостью от 400 до 1200. Часть образцов готовилась по методике подготовки материала для электронной микроскопии в смоле “Epoxy Resin” с последующей шлифовкой на станке EcoMet 250. Полученные шлифы изучались в проходящем и отраженном свете и методом сканирующей электронной микроскопии. Этими же методами изучались ацетатные реплики полученных шлифов. Элементный состав определялся на блоке энергодисперсионного микроанализа универсального аналитического комплекса сканирующей автоэмиссионной электронной микроскопии Merlin CARL ZEISS.

В исследованной выборке преобладали экземпляры с размером раковин от 8 до 30 мм. Преобладание среднеразмерных особей объясняется, вероятно, избирательностью выбранного орудия лова, однако может сигнализировать и о неблагоприятном состоянии популяции. Изменение высоты и толщины раковины характеризуются линейными функциями и с возрастом ее размеры изменяются пропорционально. Показано, что беломорская популяция *A. islandica*, по сравнению с другими исследованными, отличается наименьшей продолжительностью жизни. Большая часть особей исследованной выборки состояла из моллюсков в возрасте 3-5 лет. При этом максимальный возраст моллюсков составил 18 лет. Корреляция возраста с длиной раковины - 0,48. Анализ элементного состава не продемонстрировал вариабельности содержания обнаруженных элементов в различных участках раковины. Как и ожидалось, лидирующие позиции во всех исследуемых образцах занимали Ca, O и C. А такие элементы, как Na, S, Cl и Sr содержались в гораздо меньших количествах. Средние показатели по содержанию всех элементов статистически значимо не отличались. Однако у двух исследованных особей было отмечено повышение концентрации Cl в более позднем возрасте.

В качестве оптимального метода для изучения шлифов раковин рекомендуется их прямое наблюдение в оптическом микроскопе методом темного поля в отраженном свете.

Список литературы

1. Wanamaker A., Kreutz K., Schone B., Maasch K., Pershing A., Borns H., Introne D., Feindel S. A late Holocene paleo-productivity record in the western Gulf of Maine, USA, inferred from growth histories of the long-lived ocean quahog (*Arctica islandica*) // International Journal of Earth Sciences. 2009. Vol. 98. P. 19–29. <https://doi.org/10.1007/s00531-008-0318-z>
2. Ridgway I. D., Richardson C. A. *Arctica islandica*: the longest lived non colonial animal known to science // Fish Biology and Fisheries. 2011. Vol. 21, iss. 3. P. 297–310. <https://doi.org/10.1007/s11160-010-9171-9>

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООПЛАНКТОНА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ В ИЮНЕ 2018 Г.

Кудякова А.С., Загородняя Ю.А.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: зоопланктон, копеподы, кладоцеры

Зоопланктон является основным кормом для молоди большинства рыб и взрослых планктоядных рыб.

Цель работы - изучение таксономической структуры, количественных характеристик и пространственного распределения зоопланктона летом 2018 г.,

Материал собран в северной части Чёрного моря с 10 по 28 июня 2018 г. (102 рейс НИС «Проф. Водяницкий»). Зоопланктон собирали большой сетью Джели (диаметр входного отверстия 38 см, размер ячеек газа 140 микрон), облавливая вертикально слои от поверхности до дна на мелководных станциях и до границы сероводородной зоны, определяемой по изопикне ($\delta_t = 16,2$ ус. ед. определялась по зонду "Sea-Bird) в глубоководной части моря. Количественную обработку проб зоопланктона проводили в камере Богорова под бинокляром по стандартной методике [1]. Определяли таксономический состав, количество организмов в пробе и размеры гидробионтов. Крупные организмы (калянус, гребневики, медузы и щетинкочелюстные) и редкие формы просчитывали во всей пробе. Копепод определяли до вида и по стадиям развития, остальных гидробионтов до крупных таксонов.

В июне 2018 г. в составе зоопланктона выявлено в общей сложности 20 таксонов. Зоопланктон был представлен обычными черноморскими видами копепод (*Calanus euxinus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Centropages ponticus*, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Oithona similis* и вселенец - *Oithona davisae*), 4 видами кладоцер (*Evadne spinifera*, *Penilia avirostris*, *Pleopis polyphemoides* и *Pseudevadne tergestina*), пелагическими личинками бентосных животных: моллюски, усоногие и десятиногие ракообразные, полихеты; кроме того, встречались аппендикулярии (*Oikopleura dioica*), сагитты (*Parasagitta setosa*), гребневики (*Pleurobrachia pileus*), медузы (*Aurelia aurita*) и динофитовая водоросль *Noctiluca scintillans*.

Соотношение разных видов в суммарной численности зоопланктона различалось в прибрежье и в открытом море. Копеподы доминировали на шельфе и в глубоководной части моря. По биомассе в обеих акваториях преобладали сагитты. На свале глубин по численности и биомассе доминировала ноктилюка, которая не относится к кормовому зоопланктону, но составляет существенную его часть.

Копеподы и кладоцеры являются наилучшим кормом для планктоядных рыб. Среди копепод в прибрежье (над глубинами менее 50 м) и над свалом глубин (от 75 до 110 м) по численности доминировала холодолюбивая *O. similis* - 50 и 46%, соответственно. На глубоководье доминировал *P. elongatus* (41%), а *O. similis* (23%) была субдоминантом. По биомассе соотношение было иное. На мелководье существенный вклад в биомассу копепод вносил *C. euxinus* (31%), с увеличением глубины его доля возрастала, соответственно до 62 и 79%. По численности его вклад был невысоким и изменялся от 1 до 8 %, возрастая с глубиной. *O. davisae* - вселенец среди копепод. По численности и биомассе на шельфе она составляла не более 2%. В направлении открытого моря её количественные показатели снижались. Ветвистоусые рачки (кладоцеры) в начале лета имели невысокую численность, составляя 2% суммарной численности зоопланктона на шельфе, не более 1% над свалом глубин и глубоководье. Среди кладоцер по численности и биомассе на мелководье доминировал *P. polyphemoides*, соответственно 96 и 85%. На свале глубин по численности и биомассе доминировала *P. avirostris* (46 и 50%). Субдоминантным видом был *P. tergestina* (34 и 43%). Эта кладоцера была многочисленной на нескольких станциях глубоководья и в результате доминировала как по численности, так по биомассе среди кладоцер, составляя, соответственно 63 и 69%.

Личинки бентосных животных были многочисленными на мелководье, где составляли 5% суммарного зоопланктона. На свале глубин и глубоководье их доля не превышала 1% численности. *O. dioica* на шельфе составляла 2% общей численности зоопланктона, с возрастанием глубины её вклад уменьшался до 1%, при этом биомасса не превышала 1% на исследованной акватории. *P. setosa* составляла на мелководье и свале глубин 1% суммарной численности зоопланктона. Её доля увеличилась до 2% на глубоководье. Максимальная биомасса сагитт отмечена в глубоководье, где она

достигла 63% суммарной массы зоопланктона. Её доля на мелководье составляла 41% и наименьшей она была на свале глубин - 11%.

Таким образом, максимальная суммарная численность зоопланктона наблюдалась на мелководье - 1055 экз./м³. На свале глубин она насчитывала около 873 экз./м³ и 459 экз./м³ на глубоководье. Тогда как биомасса увеличивалась по мере удаления в открытое море и составила на шельфе 19 мг/м³, 44 мг/м³ на свале глубина и на глубоководье - 104 мг/м³.

Авторы выражают благодарность коллегам Рыжилову М.В. и Губанову В.В. за сбор материалов по зоопланктону.

Работа выполнена в рамках ФЦП, госрегистрация № АААА-А18-118020890074-2.

Список литературы

1. Методика определения качественного и количественного состава зоопланктона. СТП ИМБИ 020-2016. г. Приказ 45-од от 12.08.2016. Севастополь, 2016.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ ЖИВОГО ОРГАНИЗМА

Кулешова О.Н.

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

Ключевые слова: таблицы событий, событийная модель, биоразнообразие

Для человечества биологическое разнообразие имеет огромную ценность, его утрата представляет прямую угрозу устойчивости экосистем. В настоящее время тенденцией в изучении биоразнообразия является создание информационных систем для хранения, обработки и анализа собранных данных (например, Biodiversity Information System for Europe (BISE) [1]). Для достижения глобальных целей по сохранению биоразнообразия требуется регулирование в различных сферах человеческой деятельности, а также прогнозирование не антропогенных процессов (например, сезонные климатические изменения, тектонические изменения, метеорологические явления). Эти задачи могут быть достигнуты междисциплинарной интеграцией существующих и разрабатываемых моделей, алгоритмов и систем.

Как средство такой интеграции хорошо подходит инструментарий таблиц событий [2], позволяющий задать соответствия между значениями элементов некоторого конечного множества условий (например, состояние среды - температура для живых объектов, или соответствие государственным стандартам и нормативным документам - для экономических и производственных процессов), определяющих состояние предметной области, и последовательностями конечного множества действий (сценариями), определяющих реакцию на эти события.

Разработанный инструментарий хорошо применим и для биологических объектов. Например, для простейших многоклеточных животных, базовая модель представляет собой описание влияния температуры и химического состава среды на жизненный цикл, состояние и поведение как одного животного, так и популяции. Рассмотренные условия могут быть заданы или получены при обращении к другим системам, прогнозирующим их для конкретного региона. Результаты моделирования для популяции могут стать входными условиями для системы, описывающей биотопы или региональные экосистемы. Так же это удобный инструмент для проектирования дорожных карт, которые являются средством формирования общегосударственной и региональной политики для развития различных отраслей с учетом показателей экономической эффективности. В качестве примера приведем авторскую разработку - систему для построения дорожной карты в сфере очистки воды [3].

При построении таблицы событий должны выполняться следующие правила: ортогональность (комплекс условий должен однозначно приводить к выбору одного сценария), избыточность (если два набора условий приводят к выполнению одного и того же сценария, то условия должны быть объединены в один набор) и полнота (для всех возможных комбинаций условий должны существовать сценарии, либо предусмотрены средства для работы с неполными данными). Средства работы с таблицами событий включают алгоритмы построения корректных таблиц событий обеспечивающих верификацию разрабатываемой спецификации на каждом этапе проектирования, алгоритмы моделирования, а также правила разделения большой таблицы событий на несколько более мелких, что необходимо для упрощения проектирования, так как при внесении в таблицу более пяти условий, она становится слишком громоздкой для восприятия человеком.

Впервые методы таблиц событий были применены для представления модели живого организма. В качестве моделируемого объекта был выбран *Trichoplax adhaerens*, морфологически простой, культивируемый в лабораторных условиях организм. В качестве входных параметров были взяты солёность, кислотность, температура и наличие питания. Условия в такой модели представляют собой сложные логические функции сочетающие обработку значений входных параметров. Описаны действия, сочетание которых образовали возможные сценарии, для множеств сочетаний результатов функций условий, таких как изменение размеров, форм тела, способность к размножению и другие.

Учитывая, что инструментарий таблиц событий удобен для спецификации систем широкого круга предметных областей, его использование является целесообразным для создания связующей распределенной системы моделирования влияния различных факторов окружающей среды на биоразнообразие.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ: грант 14.WO3.31.0015; в рамках темы госзадания № АААА-А18-118020890074-2 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов азово-черноморского бассейна и других районов Мирового океана».

Список литературы

1. Biodiversity Information System for Europe [Electronic resource]. URL: <https://biodiversity.europa.eu/info> [accessed 10.06.2019].
2. Кулешова О. Н. Разработка методов спецификации информационных моделей средствами языка таблиц событий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. Т. 4, № 2 (58). С. 28–31.
3. Кулешова О. Н., Веселитская Н. Н., Карасев О. И., Богомоллова А. В. Таблицы событий для формирования дорожной карты очистки воды // Экономика и математические методы. 2015. Т. 51, № 3. С. 126–139.

О ПИТАНИИ ОБЫКНОВЕННОГО ПЕСКАРЯ *GOBIO GOBIO* (LINNAEUS, 1758) В ДЕЛЬТОВОЙ ЧАСТИ Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА

Лукина В.А., Имант Е.Н.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова РАН, г. Архангельск

Ключевые слова: питание рыб, пескарь обыкновенный, зоопланктон, зообентос, таксономическое разнообразие

Особенности питания различных видов рыб зависят от их биологии и экологии и, в числе ряда других факторов, определяют общее состояние и численность популяций. В

комплексе рыбохозяйственных исследований изучение питания рыб и трофических связей позволяет дать объективную оценку общего состояния видов в пределах их ареалов, а также может использоваться при разработке путей рационального использования рыбных ресурсов промысловых водоёмов [1]. Водным объектам Арктической зоны Российской Федерации уделяется особенное внимание вследствие постоянно возрастающего антропогенного пресса на акватории при сложных климатических, геологических и других условиях. В связи с чем, возникает закономерный вопрос о необходимости всесторонней характеристики водных экосистем АЗРФ.

В качестве объекта исследования был выбран олигосапробный вид рыб - обыкновенный пескарь *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) р. Северная Двина, численность которого в последнее десятилетие снизилась в составе контрольных уловов. Известно, что редкие и малочисленные виды имеют существенное значение в жизни биоценоза. Они придают биоценозу устойчивость и обеспечивают надёжность его функционирования в разных условиях.

Цель работы - оценить роль зоопланктонных и зообентосных организмов в питании пескаря *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) дельты одной из самых крупных рек бассейна Белого моря. Кроме этого, в настоящее время у учёных разных направлений особый интерес представляют исследования в зонах смешения речных и морских вод - маргинальных фильтрах по терминологии А.П. Лисицына.

Сбор и фиксация биологического материала, а также его камеральная обработка проводились в соответствии с методикой по изучению питания и пищевых отношений рыб [2]. Всего за период исследований было собрано и обработано 52 желудочно-кишечных трактов пескаря.

Общий пищевой спектр включал представителей трех таксонов кормовых объектов на уровне типов - Annelida, Mollusca и Arthropoda, а также водную растительность, включая до 19 групп животных и растений на уровне видов, классов, подклассов, отрядов, надотрядов и групп. В качественном отношении наиболее широко в пищевом спектре пескаря были представлены членистоногие (тип Arthropoda), относящиеся к 5 классам: Insecta (отряды Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera), Arachnida (группа Hydracarina), Branchiopoda (надотряд Cladocera), Diplostraca (роды Alona, Eurycercus, Acroporus, Camptocercus), класс Hexanauplia (отряды Cyclopoidea и Calanoida) и Ostracoda. Последние три класса включают представителей зоопланктонного сообщества, которые составили 38,1 % от веса всего пищевого комка. Основную роль в питании пескаря играли членистоногие, составлявшие 76,7 % по массе от всех кормовых объектов. Среди них преобладали кормовые объекты из отряда Diplostraca (14,3 %), семейства Chironomidae (15,7 %) и класса Branchiopoda (17,6 %). В меньшем количестве были представлены водные личинки Trichoptera (9,52 %) и Ephemeroptera (5,7 %). В незначительном количестве были отмечены представители класса Ostracoda (4,8 %). Менее значимую роль в питании пескаря играл тип Mollusca, включавший представителей двух классов Bivalvia (2,4 %) и Gastropoda (3,8 %). В единичных желудочно-кишечных трактах встречались Hydracarina (2,9 %), Heleidae (1,9 %), а также Citellata (0,9 %).

Анализ содержимого желудочно-кишечных трактов пескаря показал, что в целом в его питании отмечены в эквивалентном соотношении бентосные и планктонные организмы, основу которых составляли личинки амфибиотических насекомых - хирономид, ручейников, подёнок, а также жаброногих и листоногих ракообразных. Зоопланктонные организмы за весь период исследований по обобщенной выборке составляли 38,1 % от веса пищевого комка, в то время как на бентосные организмы пришлось 45,7 %. На долю водной растительности пришлось 16,2 %.

Полученные данные свидетельствуют об использовании пескарём зоопланктонных и бентосных организмов в качестве кормового источника в дельте р. Северная Двина в относительно равнозначном соотношении. Анализ полученных материалов показал, что пескарёв *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) в период проведения исследования проявляет себя как эврифаг с широким спектром питания (19 групп кормовых объектов). Известно, что рацион питания рыб, зависит от многих факторов, в частности от района исследований, сезонных вариаций численности и биомассы того или иного вида пищевых организмов. Многие авторы отмечают, что северные водоёмы характеризуются сравнительно бедной и довольно изменчивой кормовой базой, не обеспечивающей пищевые потребности рыб каким-либо одним видом корма. Это приводит к эврифагии рыб, обитающих в водоёмах северных широт. Важно подчеркнуть и тот факт, что в естественных экосистемах пищевые отношения рыб значительно сложнее и характеризуются не как трофические цепи, а как трофические сети, поскольку спектры питания большинства видов рыб могут в той или иной степени перекрываться [3]. Дальнейшее изучение качественного состава пищи, количественных характеристик питания, межвидовых пищевых отношений позволит уточнить сведения по биологии рыб.

Список литературы

1. Новосёлов А. П., Фефилова Л. Ф. Общий характер питания сига в бассейне реки Северной Двины // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Петрозаводск, 1999. С. 266–269.
2. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. Москва : Наука, 1974. 254 с.
3. О роли зоопланктона в питании молоди сига в дельте реки Печора / Е. Н. Имант, А. Г. Завиша, М. А. Студёнова [и др.] // Научная неделя молодых учёных и специалистов в области биологических наук – 2017 : материалы Междунар. конф., Петрозаводск, 20–25 ноября 2017 г. Петрозаводск, 2017. С. 192–199.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРОВ ТЕЛА *ACARTIA CLAUSI* И *ACARTIA TONSA* В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Ляшко Т.В.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

²Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: *Acartia*, размеры, Черное море, сезонные изменения

Важной характеристикой популяций гидробионтов является размерная структура. Она напрямую связана с состоянием морских организмов и изменяется в зависимости от условий их обитания. В связи с этим понимание причин, которые приводят к изменчивости размеров тела, является важной биологической задачей. Одним из основных факторов, влияющих на изменчивость размеров тела гидробионтов, является температуры воды. В частности, на примере представителей копепод рода *Acartia* в Черном и Средиземном морях было показано, что при повышении температуры среды наблюдается уменьшение размеров тела животных [1]. Однако сравнение размеров копепод из разных акваторий вызывает затруднение в связи с тем, что одни исследователи осуществляют измерение полного размера тела рачков, а другие - только цефалоторакса, не учитывая размер абдомена [2, 3]. В связи с этим нами была выполнена методическая работа для определения коэффициентов, позволяющих сопоставить данные, полученные разными учеными.

Цель представленной работы: (а) определить коэффициенты, позволяющие осуществлять перевод значений длины цефалоторакса к полному размеру тела; (б) проанализировать изменение размеров тела акарций в зависимости от сезонных колебаний температуры.

Пробоотбор проводили на постоянной станции у входа в Севастопольскую бухту в рамках многолетних регулярных наблюдений зоопланктона в течение 2010 г., для которого были характерны колебания температуры от 7,8 °С до 28,2 °С (средняя составляла $22,2 \pm 0,37$ °С). Пробы собирали дважды в месяц от дна до поверхности сетью Джели (площадь входного отверстия 0,1 м², размер ячеек 150 мкм). Пробы фиксировали 4% раствором формальдегида. Оценке подлежали половозрелые особи *A. clausi* и *A. tonsa*. Длину тела измеряли под стереомикроскопом Leica M 50 при увеличении 32*. Всего было проанализировано 19 проб. Объем выборки в каждой пробе, как правило, составлял 20 самок и 20 самцов. Была проведена статистическая оценка размерных характеристик и динамики их изменений в течение года при доверительной вероятности 95% ($P = 0,95$). Закон распределения случайной величины при оценке общей длины тела копепод был принят нормальным, исходя из доказательства ЦПТ Ляпунова. Оценка среднего размера тела была представлена в виде доверительного интервала при уровне значимости $p = 0,05$. Определение коэффициента отношения цефалоторакса к общей длине тела было осуществлено как вычисление отношения математического ожидания (среднего арифметического) длины цефалоторакса и тела соответственно. В нашем случае при определении коэффициентов наиболее достоверной характеристикой распределения величины по неизвестному закону является размах выборки. Данный параметр составляет 0,04 и 0,056 мм для самок и самцов *A. clausi* соответственно. Для *A. tonsa* эти значения равны 0,02 для самок и 0,025 для самцов.

Нами было выявлено, что все значения коэффициентов, позволяющих осуществлять перевод значений длины цефалоторакса к полному размеру тела, изменялись в небольших пределах. Так, для представителей *A. clausi* ориентировочное значение соответствовал 0,77 для самок и 0,75 для самцов. Для *A. tonsa* данный показатель составлял 0,82 для самок и 0,80 для самцов. Для более полной оценки совокупности необходимо в дальнейшем увеличить объем выборки и принять ряд гипотез о законе распределения случайной величины.

При анализе изменений размеров тела в зависимости от температурного фактора было выявлено, что при повышении температуры наблюдалось уменьшение размеров тела копепод. При этом максимальная длина тела характерна для генераций зимнего периода, а минимальная - для теплого сезона.

Максимальный размер особей прослеживался в январе-апреле и октябре-декабре. Минимальные значения длины тела были зафиксированы летом - с июня по август. В течение года длина тела самок колебалась в пределах от 0,96 до 1,34 мм, самцов - от 0,88 до 1,22 мм. Примечательно, что размеры самцов в период с января по апрель были стабильны.

НИР по теме №АААА-А18-118020790229-7 "Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем".

Список литературы

1. Губанова А. Д., Поликарпов И. Г., Сабурова М. А., Прусова И. Ю. Многолетняя динамика мезозоопланктона (на примере Copepoda) в Севастопольской бухте с 1976 по 1996 гг. // Океанология. 2002. Т. 42, № 4. С. 537–545.
2. Ковалев А. В. Сезонные изменения размеров некоторых пелагических Copepoda Черного моря // Зоологический журнал. 1964. Т. 43, вып. 1. С. 33–55.
3. Deevy G. B. Relative effect of temperature and food on seasonal variation in length of marine copepods in some eastern American and western European waters // Bulletin of Bingham Oceanographic Collection, Yale University. 1960. Vol. 17 (2). P. 54–86.

БИОГЕОХИМИЯ МЕЛКОВОДНЫХ СИПОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Малахова Т.В.¹, Канапацкий Т.А.², Тарновецкий И.Ю.², Меркель А.Ю.², Гулин М.Б.¹,
Пименов Н.В.²

¹Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

²ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, г. Москва, РФ

Ключевые слова: метановые сипы, изотопный состав, Черное море, археи

Метановые пузырьковые газовыделения (сипы) были описаны вдоль континентальных склонов по всему миру, в том числе и в Чёрном море [1]. За последнее десятилетие особое внимание уделялось изучению мелководных сипов Крымского полуострова.

С целью определить закономерности функционирования метановых сипов и причины формирования сопутствующих им бактериальных матов в 3-х обособленных районах: в б. Ласпи, у Гераклеяского полуострова и на мысе Тарханкут были проведены газовые и изотопно-геохимические исследования пузырькового и растворенного газа, радиоизотопные исследования скоростей микробных процессов в осадках, а также молекулярно-биологический анализ состава микробного сообщества в бактериальных матах, ассоциированных с площадками газовой выделений и газонасыщенными осадками.

Многолетние наблюдения за сипами Гераклеяского полуострова и мыса Тарханкут показали, что газовой выделение, как и сопутствующие им бактериальные маты, имели сезонный характер. Маты нарастали на поверхности восстановленных газонасыщенных осадков во второй половине июня и сохранялись обычно до октября. По результатам электронно-микроскопических и молекулярно-биологических исследований было установлено, что основу бактериальных матов составляли нитчатые серобактерии семейства *Thiotrichaceae* и эпсилон-протеобактерии семейства *Helicobacteraceae* [2]. Изотопный состав метана $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ мыса Тарханкут в разные годы варьировал от -48 до -65‰, что может указывать как на смешанную природу газа, так и на разную интенсивность процессов метаногенеза и метаноокисления. Также высокая вариабельность $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ была отмечена для пузырькового газа прибрежных районов Гераклеяского полуострова (от -58 до -84 ‰).

По визуальным наблюдениям наиболее часто встречающиеся бактериальные маты Гераклеяского полуострова можно разделить на 2 типа. Первый тип был обнаружен в б. Мраморной в заполненных мелкодисперсными детритными отложениями скальных углублениях, где развивались белые бактериальные маты с характерной хлопковидной структурой, основу которых составляли сульфидоокисляющие эпсилон-протеобактерии рода *Arcobacter* [3]. Осадки непосредственно под бактериальной пленкой характеризовались высокой скоростью сульфатредукции до 5-7 ммоль/дм³ сут. В б. Херсонесской наблюдались тонкие белесые пленки, образованные бесцветными нитчатыми серобактериями предположительно семейства *Thiotrichaceae* и сероокисляющими эпсилон-протеобактериями близкими к родам *Sulfurovum* и *Sulfurimonas*. Ниже располагались сильно восстановленные газонасыщенные заиленные пески. Степень покрытия дна такими бактериальными пленками менялась, увеличиваясь к концу летнего сезона, иногда достигая десятков квадратных метров.

Иную природу имеют метановые сипы в бухте Ласпи. Тяжелый изотопный состав метана пузырькового газа $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ (-43,5 до -36,1 ‰) и регулярность газовой выделений в течение года указывают на наличие глубинного источника. Несмотря на относительно большие скорости газоотдачи в этом районе и их постоянный характер, а также несколько повышенную скорость метаноокисления в верхних слоях осадка, по-видимому, связанную с активностью аэробных метанотрофных гамма-протеобактерий, за все время наблюдений не было зарегистрировано каких-либо бактериальных

обрастаний в местах выделения пузырьков. В осадках сипа сероокисляющие эпсилон-протеобактерии семейства *Thiovulaceae* появлялись на глубине 10-15 см (8,2%). Самыми многочисленными на горизонте 10-15 см оказались археи филогенетического кластера ANME-2a/b (19,2%) и бактерии семейства *Desulfobacteraceae* (12,2%), осуществляющие процесс анаэробного окисления метана.

Таким образом, в мелководных прибрежных осадках Крымского полуострова обнаружены разные типы газопроявления и поля газонасыщенных осадков, в пределах которых формируются микробные сообщества, основу которых составляют микроорганизмы, участвующие в процессах образования и трансформации метана, сероводорода и их производных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-04-00023 и госзадания АААА-А18-118020890090-2.

Список литературы

1. Егоров В. Н., Артемов Ю. Г., Гулин С. Б. Метановые сипы в Черном море: средообразующая и экологическая роль / под ред. Г. Г. Поликарпова. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 405.
2. Tarnovetskii I. Y., Merkel A. Y., Kanapatskiy T. A., Ivanova E. A., Gulin M. B., Toshchakov S., Pimenov N. V. Decoupling between sulfate reduction and the anaerobic oxidation of methane in the shallow methane seep of the Black Sea // FEMS Microbiology Letters. 2018. Vol. 365, iss. 21. Article no. fny235. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny235>
3. Пименов Н. В., Меркель А. Ю., Тарновецкий И. Ю., Малахова Т. В., Самылина О. С., Канапацкий Т. А., Тихонова Е. Н., Власова М. А. Структура микробных матов в прибрежных районах Мраморной бухты (Крымский полуостров) // Микробиология. 2018. Т. 87, № 5. С. 561–572. <https://doi.org/10.1134/S0026365618050142>

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ (*ACIPENSER RUTHENUS* L.) В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ВОЛГИ

Маркина И.А., Никитин Ф.И., Козлова Н.В.

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("КаспНИРХ")

Ключевые слова: стерлядь, река Волга, сыворотка крови

Река Волга является определяющим фактором рыбохозяйственной деятельности Астраханского региона, и эта деятельность напрямую зависит от состояния водных объектов. Важным компонентом биоресурсов бассейна р. Волга является стерлядь (*Acipenser ruthenus* L., 1758.). В связи с этим возрастает роль и значение исследования состояния этого ценного вида семейства осетровых по физиолого-биохимическим показателям, изменения которых могут быть ранним ответом организма на неблагоприятные экологические факторы среды обитания или служить примером высокоспециализированных механизмов адаптации. Молодь гидробионтов, включая рыб, наиболее подвержена влиянию факторов окружающей среды.

Целью работы являлось исследование молоди стерляди в нижнем течении р. Волги по физиолого-биохимическим показателям крови. Сбор материала был проведен летом 2018 г. в нижней нерестовой зоне р. Волги (24 экз.) и в районе Волго-Каспийского морского судоходного канала (ВКМСК) (26 экз.). Средние масса и длина исследованных особей составляли не более 15,02 г и 18,22 см соответственно. Отбор и

исследование проб крови рыб осуществлялось в соответствии с общепринятыми методиками [2]. Анализ сыворотки крови (общий белок, глюкоза, неорганический фосфор, холестерин, триглицериды, креатинин) проводили на биохимическом анализаторе BioChem Analette с использованием реактивов High Technology. Для определения концентрации общих липидов в сыворотке крови использовался спектрофотометрический метод [2]. Результаты исследования были обработаны с применением общепринятых методов биологической статистики в программе Microsoft Excel, 2010.

В оценке интенсивности обменных процессов живого организма исключительная роль принадлежит содержанию гемоглобина в крови, важнейшему элементу реализации дыхательной функции животных, осуществляющему транспортную функцию кислорода и углекислого газа к тканям и обратно. Сопоставление данных по уровню гемоглобина в крови у молоди стерляди из нижней нерестовой зоны и особей с района ВКМСК не выявило их достоверных различий между исследованными группами рыб, в среднем составляя 60,68 г/л, что входило в пределы физиологической нормы для каспийских осетровых (50,0-80,0 г/л) [3].

Белок сыворотки крови является динамичным показателем, отражающим общее состояние организма особи, так как быстро реагирует на действие разнообразных внутренних и внешних факторов. Концентрация общего сывороточного белка в норме у осетровых колеблется в диапазоне 20,0-40,0 г/л. Согласно проведенным исследованиям, содержание сывороточного белка у молоди стерляди, выловленной в нижней нерестовой зоне р. Волги и районе ВКМСК, находилось на уровне 25,77 г/л и 24,77 г/л соответственно, что являлось благоприятным показателем состояния рыб, так как потери белка обуславливают общее снижение жизнестойкости особей.

Значимым показателем физиолого-биохимического состояния особи является содержание глюкозы в крови. Диапазон значений этого показателя в норме варьирует в границах 2,0 - 4,0 ммоль/л. У исследуемых особей стерляди, пойманных в районе нижней нерестовой зоны, содержание глюкозы в сыворотке крови составляло 2,63 ммоль/л, тогда как у особей, вылов которых был осуществлен в районе ВКМСК, на уровне 2,07 ммоль/л. Для рыб в отличие от высших животных свойственна большая амплитуда не только видовых, но и индивидуальных колебаний концентрации глюкозы, что связано с менее совершенным механизмом регуляции. Невысокий показатель глюкозы в крови может отражать недостаточность кормовой базы. Кроме того, существует связь между содержанием глюкозы у особей рыб и их подвижностью. Так, уменьшение движения у рыб приводит к понижению уровня глюкозы в крови, а увеличение движения - к росту концентрации глюкозы

Фосфор в жизнедеятельности рыб связан с сокращением мышц и процессами выведения кальция из организма. Уровень неорганического фосфора в сыворотке крови молоди осетровых соответствовал референсным показателям 0,4-9,6 мкмоль/л. У рыб с района ВКМСК содержание фосфора было в 2,0 раза ниже относительно рыб выборки с нижней нерестовой зоны ($p < 0,05$).

Характерной особенностью осетровых рыб считается высокое содержание общих липидов в сыворотке крови. Содержание общих липидов в сыворотке крови у молоди стерляди из двух районов исследования было сопоставимо и составляло 5,88 г/л и 5,16 г/л соответственно.

Холестерин является необходимым элементом для роста организма и нормального процесса деления его клеток. Содержание холестерина для каспийских осетровых составляет в норме 0,39-1,5 г/л. У молоди стерляди, выловленной в нижней нерестовой зоне, уровень холестерина был в 2,9 раз выше по сравнению с особями, исследованными в районе ВКМСК ($p < 0,05$), что очевидно было связано с ухудшением работы печени и характеризовало наличие загрязнения в реке.

Важное значение при оценке липидного обмена имеет содержание в сыворотке крови триглицеридов, являющихся энергоресурсами тканей. У изученной молодежи стерляди среднее количество триглицеридов из нижней нерестовой зоны (2,28 г/л) и из района ВКМСК (1,27 г/л) входило в пределы нормы (0,2-3,5 г/л). Статистических различий между выборками не выявлено.

Креатинин - конечный продукт распада белков, принимающий активное участие в энергетических процессах мышечной ткани. Молодь стерляди, выловленная в нижней нерестовой зоне, характеризовалась уровнем креатинина 52,84 ммоль/л, что в 2,0 раза больше ($p < 0,05$), чем у особей с района ВКМСК (26,80 ммоль/л). Указанное, вероятнее всего, связано адаптацией особей к условиям водной среды.

Таким образом, проведенное исследование молодежи стерляди в нижнем течении р. Волги по физиолого-биохимическим показателям крови выявило статистически значимые различия для неорганического фосфора, холестерина и креатинина. Зарегистрированные биохимические показатели в пределах референсных значений позволяют охарактеризовать высокие адаптационные возможности вида к условиям окружающей среды.

Список литературы

1. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации (Минсельхозпрод России) Департамент ветеринарии № 13-4-2/1487 от 02 февраля 1999 г. 6 с. <http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/201.html>
2. Zoellner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipids // Journal of Experimental Medicine. 1962. Vol. 135. P. 545–550.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ЭПИФИТОНА ЗЕЛЁНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ САМСУНСКОГО ЗАЛИВА ЧЁРНОГО МОРЯ (ТУРЦИЯ)

Мирошниченко Е.С., Широян А.Г., Рябушко Л.И.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: диатомовые водоросли, цианобактерии, эпифитон, зелёные водоросли-макрофиты, Самсунский залив, Чёрное море, Турция

Исследование микроводорослей - первичных продуцентов органического вещества и пищевых ресурсов для многих гидробионтов, а также индикаторов органического загрязнения вод - является приоритетным, особенно в изменяющихся условиях под влиянием антропогенных факторов среды в районах черноморских курортов, что обуславливает актуальность их изучения вдоль побережья Чёрного моря.

Самсунский залив принадлежит Турции и представляет собой мелководный объект со средней глубиной 15 м, а его водные массы в результате сильного перемешивания и влияния пресного стока крупных рек и ручьёв являются распреснёнными.

Зелёные многоклеточные водоросли отдела Chlorophyta (в частности, родов Ulva и Cladophora) - важный компонент бентоса в побережье Чёрного моря, а их слоевища являются живыми субстратами для поселения разнообразных организмов, в том числе бентосных видов диатомовых водорослей и цианобактерий. Микроводоросли эпифитона зелёных водорослей-макрофитов в крымском побережье ещё достаточно слабо изучены [1], а для турецкого сектора Чёрного моря подобные сведения

отсутствуют. Имеются данные об изучении диатомовых водорослей приустьевых районов турецкого побережья близ Трапезунда, расположенного недалеко от Самсуна, а также чек-листы флоры Турции, в которых указан 141 вид микроводорослей, в т.ч. 122 вида диатомовых, среди них в основном планктонные формы [1]. В списках видов морской флоры Турции [2] приведены сведения о цианобактериях, но о диатомовых водорослях они отсутствуют.

Цель работы - представить новые данные по изучению диатомовых водорослей и цианобактерий эпифитона зелёных водорослей-макрофитов в районе Самсунского залива турецкого сектора Чёрного моря.

Материалом для исследования послужили зелёные водоросли *Ulva compressa* L., *U. Intestinalis* L. и *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz., собранные Л.И. Рябушко 27.11.2018 г. в Самсунском заливе (41°21'18" с.ш. и 36 ° 14'24" в.д.) Чёрного моря с нижней части валуна, погружённого в воду в районе пляжа г. Самсун в зоне прибоя на глубине 0,3 м. Температура воды составляла 16,0 ° С, солёность - 17,5‰. С каждого вида макрофита смывали суспензию, которую микроскопировали в световом микроскопе С. Zeiss «Ахиоскоп 40». При определении видового состава диатомовых водорослей и цианобактерий использовали классификационные системы, указанные в [1].

В эпифитоне макрофитов обнаружено 17 видов диатомовых водорослей: *Berkeleya rutilans*, *Caloneis liber*, *Cocconeis scutellum*, *Diatomella salina*, *Diploneis smithii*, *Grammatophora marina*, *Haslea ostrearia*, *H. subagnita*, *Licmophora abbreviata*, *Navicula cancellata*, *N. perrhombus*, *N. ramosissima*, *Nitzschia hybrida f. hyalina*, *N. sigma*, *Parlibellus delognei*, *Tabularia fasciculata*, *T. parva*, принадлежащие к 2 классам, 6 порядкам, 8 семействам и 12 родам. Из них на талломах *U. compressa* найдено 15 видов, *U. intestinalis* - 8 и *C. sericea* - 5. Количество обнаруженных видов диатомовых сопоставимо с таковым, указанным для талломов *U. intestinalis* в крымском побережье Чёрного моря, на которых отмечено 12 видов диатомовых водорослей [1], из которых общими для *U. intestinalis* с турецкого берега Чёрного моря являются *Berkeleya rutilans*, *Grammatophora marina*, *Navicula ramosissima*, *Parlibellus delognei* и *Tabularia fasciculata*.

Кроме диатомовых водорослей, на талломах макрофитов обнаружено 5 видов цианобактерий, принадлежащих к 3 порядкам, 4 семействам и 5 родам. Из них на талломах *C. Sericea* найдены *Aphanocapsa concharum*, *Chroococcopsis gigantea*, *Leptolyngbya fragilis* и *Phormidesmis molle*; *U. compressa* - *Cyanosarcina chroococcoides* и *Ph. molle*; *U. intestinalis* - *Ph. molle*, который также был отмечен ранее для турецкого побережья Чёрного моря [2].

Так, в фитопланктоне зоны смешения стока реки Кызылырмак и водных масс Самсунского залива турецкими исследователями обнаружено 209 видов Bacillariophyta [3], из которых встречено более 30% бентосных видов, поскольку в период штормов и взмучивания вод они пополняют списки фитопланктона. По данным авторов, процентное соотношение морских (48%) и пресноводных (52%) видов диатомовых водорослей приблизительно одинаковое. Из указанного списка видов нами выявлено 5 общих: *C. scutellum*, *D. smithii*, *Gr. marina*, *N. sigma* и *T. fasciculata*.

В целом, все найденные диатомовые водоросли и цианобактерии относятся к бентосным формам, близким по видовому составу и по уровню солёности воды с крымским побережьем, а температура воды во время отбора проб в ноябре на побережье Турции была на 2 градуса выше, чем в Крыму. Здесь диатомовые водоросли представлены морскими и солоноватоводно-морскими видами, а цианобактерии - морскими и пресноводными, что в целом характерно для прибрежной зоны морей.

Анализ фитогеографических характеристик диатомовых водорослей и цианобактерий показал, что преобладают в основном широко распространённые космополитные виды, а также отмечены бореальные и аркто-бореально-тропические, что типично и для крымского побережья Чёрного моря [1].

Таким образом, впервые изучены диатомовые водоросли и цианобактерии в эпифитоне 3-х видов зелёных водорослей-макрофитов в прибрежье Самсунского залива. Обнаружено 17 видов диатомовых водорослей и 5 видов цианобактерий, из них 12 и 4 вида, соответственно, впервые указаны для турецкого побережья Чёрного моря.

Тема госзадания 0828-2018-0004 (АААА-А18-118021350003-6) «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса».

Список литературы

1. Рябушко Л. И. Микрофитобентос Чёрного моря. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. 416 с.
2. Taşkin E., Öztürk M., Kurt O., Öztürk M. The check-list of the marine flora of Turkey. Manisa, Turkey, 2008. 87 p.
3. Baytut Ö., Gönülol A. Phytoplankton distribution and variation along a freshwater-marine transition zone (Kizilirmak River) in the Black Sea // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2016. Vol. 45, iss. 4. P. 453–465. <https://doi.org/10.1515/ohs-2016-0039>.

НОВЫЙ ВИД *CERIODAPHNIA DANA*, 1853 (CRUSTACEA: CLADOCERA) ИЗ СРЕДИЗЕМНОМОРЬЯ

Неретина А.Н.¹, Алонсо М.²

¹Лаборатория экологии водных сообществ и инвазий, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

²Кафедра эволюционной биологии и экологии, Биологический факультет, Университет Барселоны

Ключевые слова: морфология, систематика, *Daphniidae*, биогеография

Представители семейства *Daphniidae* (Crustacea: Cladocera) принадлежат к одной из наиболее хорошо изученных групп ветвистоусых ракообразных. Однако значительные усилия систематиков сконцентрированы всего на одном роде - *Daphnia* O.F. Mueller, 1785. Виды этого рода являются важными модельными объектами современной эволюционной биологии, экологии, токсикологии, геномики, филогеографии и ряда других передовых дисциплин. В то же время, систематика некоторых других групп *Daphniidae* по-прежнему остается крайне запутанной. К таким сложным группам принадлежит род *Ceriodaphnia* Dana, 1853. Этот род включает большое число видов с широкими и даже космополитическими ареалами. В рамках концепции континентального эндемизма, принятой в систематике ветвистоусых ракообразных, такие виды рассматриваются не как самостоятельные, а как группы видов, нуждающиеся в ревизии. Основные определительные ключи, позволяющие разграничивать представителей рода *Ceriodaphnia*, разработаны для Палеарктики и включают не более 8 видов. Попытки использовать ключи, разработанные для северных регионов, при определении тропических цериодафний, приводят к ошибочным определениям и недоучету новых видов. Цель нашей работы заключалась в определении статуса средиземноморских популяций *Ceriodaphnia* cf. *quadrangula* методами световой и сканирующей электронной микроскопии.

Материалом для нашей работы послужили коллекционные пробы, отобранные в водоемах Испании и Алжира. Микроскопическую обработку проб проводили согласно общепринятым методикам под биноклем LOMO, световым микроскопом Olympus VX41 и сканирующим электронным микроскопом CamScan MV 2300.

В результате проведенной микроскопической обработки материала было установлено, что популяции *Ceriodaphnia* из Испании и Алжира надежно отличаются от *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Mueller, 1785) по особенностям вооружения торакопода II и орнаментации эфиппиев. Эфиппий имеет сильно выступающие яйцевые камеры. Снаружи они покрыты мелкими бугорками, некоторые бугорки несут короткие тонкие отростки, различимые только под СЭМ. Такие же бугорки имеются на брюшной части эфиппия. Спинная часть эфиппия и переходная зона несут массивные отростки, разветвляющиеся на концах. По структуре эфиппиев, популяции *Ceriodaphnia* из Испании и Алжира надежно отличаются от всех исследованных к данному моменту тропических и палеарктических видов. Это дает нам возможность утверждать, что они принадлежат к новому для науки, еще неопisanному виду. Распространение этого вида в тропических регионах Старого Света нуждается в дальнейшем изучении, однако, с большой вероятностью, он является эндемиком Средиземноморья. Несмотря на целенаправленный анализ оригинальных коллекционных материалов и литературных данных, виды, со сходной орнаментацией эфиппиев, не были найдены ни в других странах Африки, ни в тропической Азии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00389 мол_а.

РЫБОЗАЩИТНЫЙ КОМПЛЕКС КАК ЭФФЕКТИВНАЯ МЕРА ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ГИБЕЛИ РЫБ ОТ СКАТА ЧЕРЕЗ ПЛОТИНУ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Перепелин Ю.В.

Красноярский филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("НИИЭРВ")

Рыбозащитный комплекс, струегенераторы, искусственные рифовые комплексы, водохранилище, превентивные меры, защитные меры, Богучанская ГЭС

Одним из существенных факторов, наносящих вред водным биоресурсам, является скат через гидроагрегаты плотины ГЭС. Следствием такой покатной миграции является травмирование и гибель большого количества рыб разных возрастных категорий (от стадии личинки до взрослых).

Настоящая работа выполнена по заказу ПАО «Богучанская ГЭС» (ранее АО «Организатор строительства Богучанской ГЭС»).

Исследования по определению эффективности рыбоохранных мероприятий Богучанского гидроузла проводились с 2017 по 2018 гг. и продолжаются в 2019 г. Створ плотины Богучанского гидроузла расположен примерно в 500 км к северо-востоку от г. Красноярск, в 445 км от устья р. Ангары и на 375 км ниже Усть-Илимской ГЭС. Проектная электрическая мощность Богучанской ГЭС - 2997 МВт (пятое место в России). После заполнения водохранилища ледовый, гидрологический, термический режимы водоема претерпели значительные изменения, что повлекло за собой формирование в гидробиоценозе водоема лимнофильных сообществ. В состав гидротехнических сооружений Богучанской ГЭС входит бетонная и каменно-набросная плотины. В бетонную плотину встроены 9 гидроагрегатов, каждый мощностью 333 МВт, а также 2 водосброса. Конструктивно плотина Богучанской ГЭС уже

спроектирована с целью минимизации гибели водных биоресурсов, т.к. в турбины плотины вода попадает из водохранилища с горизонта 23,5-45,0 м с гораздо более низкой концентрацией гидробионтов, чем в поверхностном слое.

Рыбозащитный комплекс включает в себя: превентивные меры - искусственные рифовые комплексы, служащие для создания оптимальных мест обитания для рыб, и предотвращения их попадания в водоприемники ГЭС из-за водозаборного стокового течения и защитные меры - струегенераторы (рыбозащитные сооружения, предназначенные для предотвращения попадания молоди рыб в водоприемники ГЭС за счет создаваемой ими искусственной струи воды).

Расположение рифовых комплексов в приплотинном участке Богучанской ГЭС приурочено к заливам и прибрежным зонам и направлено на сдерживание поисково-кормовых перемещений рыб в стоковом течении. В акватории Богучанского водохранилища установлены донные и пелагические рифовые комплексы. Донные комплексы приурочены преимущественно к литоральной зоне и располагаются на глубине до 3 м. Представляет собой протяженный массив донных ж/бетонных модулей. Пелагические рифовые комплексы, выполненные из системы стальных труб-поплавков, покрытых сверху торкретбетоном (ж/б коркой), располагаются в пелагиали на глубине 10 метров от поверхности,

В рыбозащитном комплексе Богучанской ГЭС установлены струегенераторы двух типов, различающихся гидродинамическими параметрами и дальностью водяной струи. Каждый струегенератор работает от собственного автономного погружного насоса. Струегенератор тип 1 транспортирует гидробионтов на расстояние 30 м, а струегенератор тип 2 - на расстояние 100 м, транспортируя гидробионтов из опасной зоны в безопасную, в места оптимального обитания рыб (МООР).

Для исследования эффективности рыбозащитного комплекса проводились ихтиологические и гидроакустические съемки. Проведенные исследования показали, что на акватории рифовых комплексов наблюдались устойчивые рыбные концентрации. Работа рифовых комплексов направлена на сдерживание подхода рыб и ее молоди в приплотинную часть Богучанской ГЭС, где она может увлекаться стоковым течением в опасную зону расположения гидроагрегатов. В связи с тем, что превентивные меры (рифовые комплексы) являются мелиоративными мероприятиями, эффективность их работы строго не регламентирована. Рыбы, не удерживаемые рифовыми комплексами, выводятся из опасной зоны с помощью защитных мер - струегенераторов. Совместная работа всех струегенераторов (10 шт. тип 1 и 3 шт. тип 2) обеспечивают формирование единого искусственного стрежня. Струя, формируемая каждым струегенератором, расширяется в вертикальном (до 5 метров) и горизонтальном (до 20 метров) направлениях по ходу своего движения, тем самым, охватывая для постоянного переноса из опасной зоны в безопасную значительный объем воды с находящимися в нем гидробионтами. Эффективность работы струегенераторов вычисляется как частное значений концентрации рыб в устье искусственного стрежня и суммы концентраций рыб перед водозаборным фронтом и в устье искусственного стрежня. Результаты проведенных исследований показали близкие значения эффективности работы струегенераторов: 79% по данным гидроакустических исследований, 73% - по данным контрольных обловов.

Работа струегенераторов возможна в постоянном и циклическом режимах («бегущая волна»). Основным режимом эксплуатации струегенераторов в период пика подхода рыб и ее молоди (покатников) является «постоянная работа». Работа в режиме «бегущая волна» осуществляется при снижении пика подхода покатников.

Таким образом, эффективность рыбоохранного комплекса Богучанской ГЭС составляет более 70%.

Результаты настоящей работы получены в рамках научно-исследовательской работы по теме «Проведение рыбохозяйственного мониторинга в районе Богучанского гидроузла в 2017-2018 гг. (Договор № ВGE 470 от 14.07.2017 г. с АО «Организатор строительства Богучанской ГЭС» и № 9319-18-ПЭГ от 18.05.2018 г. с ПАО «Богучанская ГЭС»).

**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ФИТОБЕНТОСА РЕКИ ВОЛТА
(ЛАНДШАФТНЫЙ ЗАКАЗНИК РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ЕЛЬНЯ»)**

Петров В.Н.

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича Национальной Академии Наук Беларуси»

Ключевые слова: биоразнообразие, верховое болото

Ельня - наиболее крупное и характерное на территории Беларуси верхового типа болото (Миорский и Шарковщинский районы Витебской области), которое включает в себя типичные для данной территории грядово-мочажинные и грядово-озерные комплексы, участки переходных болот [1,2]. В современной литературе имеются лишь немногие работы, посвященные изучению состояния альгофлоры системы болот Беларуси и расположенных в их пределах водоемов и водотоков [3].

Река Волта берет начало в 1,5 км к Ю-В от деревни Пестуны. В верховье водосбор в пределах ландшафтного заказника «Ельня». Является левым притоком реки Западная Двина. В верхнем течении русло канализировано. Материалом для данной работы послужили пробы фитобентоса реки Волта, отобранные в мае 2017 года у входа на экотропу. Гидрохимические показатели воды в месте отбора проб составили: рН - 5,87, прозрачность - 0,6 м при глубине 1,1 м.

В результате микроскопического изучения диатомовых водорослей в пробах фитобентоса реки Волта идентифицировано 38 видов и внутривидовых таксонов. Они принадлежат к 2 классам, 9 порядкам, 13 семействам, 27 родам.

Класс *Fragilariophyceae* содержит один порядок (*Fragilariales*), два семейства, 4 рода, 4 вида (10,52% общего числа обнаруженных диатомей). В составе этого класса по числу родов и видов семейства имеют одинаковые показатели. Семейство *Fragilariaceae*, представлено 2 родами и 2 видами, которые были встречены в пробе единично. В семействе *Gomphonemataceae* обнаружено такое же соотношение родов и видов. По шкале встречаемости от общего числа идентифицированных видов представленные рода обеих семейств относятся к сопутствующим видам.

Наиболее богато представлен класс *Bacillariophyceae*, который включает 8 порядков, 11 семейств, 23 рода и 34 вида и внутривидовых таксона (89,48% общего числа встреченных диатомей). Наибольшим разнообразием выделяются семейства *Eunotiaceae* (11 таксонов) и *Pinnulariaceae* (6). Виды *Eunotia septentrionalis* (6,17%), *Meridion circulare* var. *constrictum* (8,23%) являются субдоминантными видами *Lemnicola hungarica* (28,40%), *Stauroneis kriegei* (18,51%) - доминантными, все остальные представители этого класса являются сопутствующими видами.

Анализ данных показывает, что по местообитанию диатомей входят в состав трех основных сообществ - планктона, дна и перифитона (обрастаний). В бентосе р. Волта доминируют донные виды, составляя 55,28% видового богатства комплекса. К ним принадлежит большинство видов семейств *Eunotiaceae* (9 таксонов), *Pinnulariaceae* (4) *Stauroneidaceae* (2). Значительный процент от общего числа видов занимают таксоны с неустановленным местообитанием - 28,94%. Доля обрастателей снижается до 13,16%. Содержание планктонных видов невелико (5,26% от общего числа таксонов).

В бентосе р. Волга приоритет принадлежит видам с неустановленным отношением к галобности 52,64%. Индифференты представлены 10 видами, или 26,31% видового богатства комплекса в пробе. Содержание галофобов составляет 18,42% от общего числа выявленных диатомей в пробе. Группа олигогалобов составляющая 2,6% видового богатства фитобентоса реки Волга и представлена одним видом.

Среди индикаторов рН среды ведущими по числу таксонов являются виды с не установленным отношением к активной реакции воды, составляя 39,48% от общего числа таксонов. Незначительно им уступают ацидофилы, содержание которых в изученной пробе равно 36,84%. Группы алкалофилов и индифферентов имеют близкие процентные соотношения 13,16% и 10,52% соответственно.

По географическому распространению в составе фитобентоса р. Волга преобладают виды с неустановленным географическим распространением (52,64% от общего числа таксонов). Космополиты представляют 36,84% таксонов в пробе. Группа арктоальпийских диатомей составила 10,52%.

Следует отметить относительно высокое содержание в изученном диатомовом комплексе видов с неизвестными эколого-географическими характеристиками. Это обусловлено тем, что за последние десятилетия в систематике диатомовых водорослей произошли многие таксономические преобразования.

Анализ диатомового комплекса фитобентоса реки Волга, собранного в мае 2017 года, по систематическим и эколого-географическим показателям показал, что он достаточно беден и является характерным для пресных кислотных вод.

Список литературы

1. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич [и др.] ; под ред. Н. Н. Бамбалова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экспериментальной ботаники. Минск : Минсктиппроект, 2010. 200 с.
2. Особо охраняемые природные территории Беларуси : справочник / Н. А. Юргенсон, Е. В. Шушкова, Е. А. Шляхтич, В. В. Устин ; ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам». Минск : ГУ «БелИСА», 2012. 204 с.
3. Петров В. Н. Род *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützing в водоемах ландшафтного заказника республиканского значения «Ельня» (Республика Беларусь) // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований : материалы XV междунар. науч. конф. (XV Диатомовая школа), пос. Борок, Россия, 24-27 авг., 2017 г. Ярославль : Филигрань, 2017. С. 51–52.

ГЕТЕРОТРОФНЫЕ ЖГУТИКОНОСЦЫ БОЛОТ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Прокина К.И.^{1,2}, Филиппов Д.А.¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок,
Ярославская обл., Некоузский р-н

²Лаборатория клеточной и молекулярной протистологии Зоологический институт
РАН, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: простейшие, протисты, гетеротрофные жгутиконосцы, видовое разнообразие, распределение, болота

Исследования выполнялись в 2015-2018 гг. на 5 болотах, различающихся по трофности, растительному покрову и характеру водного питания, разнообразию внутриболотных водоёмов и водотоков. Исследованы три типа болот. Олиготрофные

сфагновые болота: Шиченгское (Сямженский район; 59°56'42" N, 41°17'07" E; ~15.9 тыс. га); Уломское (одна из крупнейших болотных систем Европы, ~180 тыс. га, изученная часть - Череповецкий район; 59°00'16" N, 37°04'06" E); Большой Мох (часть крупной болотной системы Остров Мороцкое, ~56.5 тыс. га, изученная часть - Череповецкий район; 58°43'29" N, 37°39'07" E). Аапа болото Пиявочное (Вытегорский район; 60°46'52" N, 36°50'14" E; часть болотной системы, ~300 га). Эвтрофное напорного грунтового питания болото Схенусовое (Белозерский район; 59°46'55" N, 37°52'47" E; ~1-2 га).

Пробы отбирали в разных типах болотных водоёмов в 15 мл пластиковые пробирки. В пределах внутриболотного водного объекта было изучено несколько различных микробиотопов - травяные и моховые участки разной степени обводнённости, выжимки сфагновых мхов, донные осадки, толща воды, обнажённые участки торфа. Для каждого биотопа измерялись рН, минерализация и температура. Нефиксированные пробы доставляли в лабораторию при температуре 4 °С и исследовали согласно принятой методике [1]. Использована современная система эукариот [2].

Всего в исследованных водных объектах обнаружен 61 вид гетеротрофных жгутиконосцев из 46 родов и 5 макротаксонов. Наибольшее количество видов выявлено в SAR (30) за счёт таких крупных таксонов, как Stramenopiles (*Cyathobodo crucifer*, *Bicosoeca exilis*, *B. lacustris*, *Pseudodendromonas vlkii*, *Ciliophrys infusionum*, *Paraphysomonas uniformis hemiradia*, *Spumella*-like organism, *Anthophysa vegetans*), Alveolata (*Colponema* sp.) и Rhizaria (*Protaspa simplex*, *Spongomonas uvella*, *Thaumatomonas seravini*, *Limnofila borokensis*, *Microcometes paludosa*, *Cercomonas ovatus*, *C. radiatus*, *C. sp.*, *Paracercomonas metabolica*, *Allantion tachyploon*, *Allapsa* sp. 1, *A. sp. 2*, *A. sp. 3*, *Teretomonas rotunda*, *Bodomorpha* sp. 1, *B. sp. 2*, *Neoheteromita* sp., *Sandona* sp., *Agitata* aff. *agilis*, *Helkesimastix faecicola*, *Aquavolon hoantrani*). На втором месте по видовому богатству располагаются Excavates (22 вида), за счет таксона Discoba (*Bordnamonas tropicana*, *Neobodo curvifilus*, *N. designis*, *Rhynchobodo armata*, *Rhynchomonas nasuta*, *Parabodo nitrophilus*, *Bodo saltans*, *Anisonema acinus*, *A. ovale*, *Entosiphon sulcatum*, *Heteronema globulifera*, *Jenningsia fusiforme*, *Notosolenus apocamptus*, *Petalomonas minor*, *P. poosilla*, *P. raiula*, *Petalomonas. sp.*, *Ploeotia obliqua*, *Pseudoperanema trichophorum*, *Histiona aroides*, *Reclinomonas americana*). Данее идет Obazoa, включающий таксоны Apusomonadida (*Amastigomonas caudata*) и Opisthokonta (*Codosiga botrytis*, *C. sp.*, *Monosiga ovata*, *Salpingoeca amphoridium*, *S. clarki*, *S. minor*, *S. urceolata*). Минимальным видовым богатством обладают Cryptista (*Goniomonas truncata*) и Ancyromonadida (*Ancyromonas sigmoides*).

Наиболее часто были отмечены жгутиконосцы: *Bodo saltans* (в 15 пробах), *Neobodo designis*, *Goniomonas truncata* и *Ancyromonas sigmoides* - в 11 пробах каждый. Эти же виды являются широко распространенными во многих пресноводных местообитаниях на всех континентах. Видовое богатство водных объектов исследованных болот относительно не высоко, среднее значение количества видов жгутиконосцев в пробе - 7.5.

Среди изученных типов болот видовое богатство жгутиконосцев преобладает в сфагновых олиготрофных болотах (49 видов), однако среднее количество видов в пробе здесь меньше, чем в других типах болот (6.5). Это может быть объяснено большим количеством проб, отобранных в сфагновых болотах, и большим количеством исследованных болот такого типа. Внутри олиготрофных болот высокое видовое разнообразие жгутиконосцев отмечено в первичных озерах (35 видов) и болотных ручьях (15) - водных объектах, характеризующихся более высокими значениями рН и минерализации. В то время как вторичные озера (11), мочажины (8) и проточные топи (7) - биотопы с низкими показателями рН и минерализации - имеют низкое видовое разнообразие жгутиконосцев. Среди них мочажины имеют наименьшее видовое

разнообразии в среднем (3.5). Ключевое болото «Схенусовое», несмотря на высокую степень трофности, имеет низкое видовое разнообразие жгутиконосцев и в абсолютных (12), и в относительных (6.0) значениях. Наиболее высоким видовым богатством характеризуется аапа болото (35 видов, в одной пробе - 15.3), что может быть связано с наличием здесь разнообразных по трофности и pH типов внутриболотных биотопов: олиготрофные гряды и евтрофные мочажины.

Дендрограмма фаунистического сходства жгутиконосцев исследованных болотных биотопов не показывает каких-либо явных закономерностей. Возможно, это связано с недостаточным объемом материала (в некоторых болотах был исследован только один тип водного объекта). Стоит, однако, отметить, что биотопы олиготрофных болот (мочажины и проточные топи) формируют единый кластер.

Среди исследованных типов микробиотопов большинство видов жгутиконосцев отмечено в донных осадках (48 видов), при этом пробы с торфом показывают значительно более высокое видовое разнообразие в пересчете на пробу (17.0), чем детрит (6.2). На втором месте по видовому богатству оказались планктонные пробы (38 видов, в одной пробе - 7.3). Выжимки сфагнума характеризуются бедным видовым разнообразием жгутиконосцев (12 видов, в одной пробе - 6.0). Подобные закономерности прослеживались и ранее [3], где сфагнобионтные сообщества жгутиконосцев показывали наименьшее видовое разнообразие и наибольшую уникальность протистофауны. Также, бентосные сообщества характеризуются более высоким видовым богатством в сравнении с планктонными, так как большинство жгутиконосцев так или иначе ассоциированы с субстратом, полностью или частично прикреплены к нему, либо ползают или скользят по нему, а также плавают вблизи субстрата, где сконцентрирована подавляющая часть их пищевого ресурса.

Исследования выполнены при поддержке РФФ № 18-14-00239 (световая и электронная микроскопия). Работа Д.А. Филиппова выполнена при поддержке РФФИ №14-04-32258 (полевые исследования).

Список литературы

1. Жуков Б. Ф. Атлас пресноводных гетеротрофных жгутиконосцев (биология, экология и систематика). Рыбинск : Ин-т биологии внутр. вод РАН, 1993. 160 с.
2. Adl S. M., Bass D., Lane C. E., et al. Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of Eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2019. Vol. 66, iss. 1. P. 4–119. <https://doi.org/10.1111/jeu.12691>
3. Мазей Ю. А., Тихоненков Д. В., Мыльников А. П. Распределение гетеротрофных жгутиконосцев в малых пресных водоёмах Ярославской области // Биология внутренних вод. 2005. № 4. С. 33–39.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АКТИНА И МИОЗИНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ *IN SITU* ГИБРИДИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ БИОИНФОРМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Пронозин А.Ю.¹, Водясова Е.А.¹, Старунов В.В.^{2,3}, Кутюмов В.А.²

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

²Санкт-петербургский государственный университет

³Зоологический институт РАН

Ключевые слова: *In situ* гибридизация, *Cristatella mucedo*, изоформы генов, биоинформатика

In situ гибридизация (ISH) - это высоко эффективный метод выявления экспрессии специфических генов в клетках и тканях. Выбор неправильной изоформы гена,

отсутствие анализа уровня экспрессии, анализ только одного транскриптома, предварительная отработка метода на неподходящем для этого гене: все это может приводить к отрицательному результату ISH. Именно поэтому разработка четкого алгоритма поиска генов-кандидатов для проведения *in situ* гибридизации является актуальной научной задачей, целью которой является минимизация возможных ошибок на всех этапах.

Разработка алгоритма проводилась для *Cristatella mucedo* (тип Bryozoa). Это водные, пресноводные, сидячие, колониальные животные. Необходимо было подобрать наилучшие гены-кандидаты для отработки *in situ* гибридизации. Для определения качества протокола было решено остановиться на мышечных белках актине и миозине, так как предполагалось, что максимальная экспрессия этих генов будет наблюдаться в мышечных тканях. Целью данной работы был поиск подходящих транскриптов, соответствующих актину и миозину, для последующего создания гибридизационных зондов.

Биоинформатический анализ включал в себя создание белковой базы данных для белков актина и миозина, сокращение числа транскриптов путем кластеризации, поиск гомологии по созданной базе, определение уровня экспрессии каждого транскрипта и дизайн праймеров для выбранных генов.

База данных для каждого белка формировалась на основе всех аминокислотных последовательностей, представленных в Universal Protein Resource (UniProt), для актина и миозина соответственно. Составленные библиотеки белков актина и миозина в дальнейшем использовались для поиска гомологии с транскриптами, полученными из общего транскриптома *Cristatella mucedo*, с помощью программы BLAST (функция blastx, e-value 1e-8) [1].

Различные транскрипты могут иметь высокий процент гомологии с одним и тем же белком, что обусловлено наличием различных изоформ. Для сокращения числа исходных транскриптов была проведена кластеризация с использованием программы Usearch [2]. Уровень идентичности между транскриптами составлял 0,85, центроиды определялись по длине. Такой подход позволяет оптимизировать производительность вычислений. Поиск гомологии проводился только для транскриптов, являющихся центроидами кластеров.

В результате было выявлено 126 транскриптов, проявивших гомологию с актином, и 64 транскрипта проявивших гомологию с миозином. В дальнейшем анализировались кластеры, центроиды которых имеют максимальный процент идентичности, при высоком значении перекрытия.

Оценка уровня экспрессии производилась на основе tpm, вычисленных в программе Kallisto [3].

Из полученных транскриптов для актина и миозина выбрано по одному транскрипту с наилучшими показателями tpm, e-value и процент идентичности.

Подбор праймеров осуществлен с помощью on-line сервис NCBI - Primer BLAST. Длина продукта выбрана в диапазоне от 200 до 1000 нуклеотидов, температура отжига от 50 до 60 С, разница температур отжига до 3, длина праймеров от 18 до 25 нуклеотидов.

Грант 14.WO3.31.0015.

Список литературы

1. Johnson M. NCBI BLAST: a better web interface // Nucleic Acids Research. 2008. Vol. 36, suppl. 2. P. W5-W9. <https://doi.org/10.1093/nar/gkn201>
2. Edgar R. C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST // Bioinformatics. 2010. Vol. 26, iss. 19. P. 2460–2461. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq461>

3. Bray N. L., Pimentel H., Melsted P., Pachter L. Near-optimal probabilistic RNA-seq quantification // Nature Biotechnology. 2016. Vol. 34. P. 525–527. <https://doi.org/10.1038/nbt.3519>

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ СОСТАВ СООБЩЕСТВ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Протопопова А.О., Брюханов А.Л.

ФГБОУ ВО "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова",
биологический факультет, г. Москва

Ключевые слова: биоразнообразие, морская микробиология, сообщества микроорганизмов, сульфатредуцирующие бактерии, Баренцево море, Белое море

Сульфатредуцирующие бактерии (СРБ) - строго анаэробные микроорганизмы, получающие энергию путём окисления различных, преимущественно низкомолекулярных, органических соединений или молекулярного водорода, что сопряжено с восстановлением сульфатов до сероводорода. СРБ широко распространены в различных анаэробных экосистемах, где присутствует сульфат, например, в морских донных осадках и илах сточных вод. СРБ играют ключевую роль в глобальных биогеохимических циклах углерода и серы в Мировом океане, велико их значение в процессах микробной коррозии и биоремедиации промышленных вод от тяжелых металлов и радионуклидов.

В настоящее время экономическое развитие Арктики является приоритетной международной и государственной задачей, поэтому и вопросам экологии северных морских регионов уделяется повышенное внимание. По результатам ряда морских арктических экспедиций было установлено, что процессы сульфатредукции в донных осадках арктических морей протекают весьма активно [1], а несколько уникальных штаммов СРБ, выделенных оттуда в чистые культуры, способны существовать в активном состоянии даже при отрицательных температурах [2, 3]. Наличие специальных адаптационных механизмов у психрофильных СРБ обеспечивает высокую скорость их метаболизма даже в суровых условиях арктических морей.

Весьма перспективным объектом исследования биоразнообразия СРБ является Баренцево море. Оно имеет определенные отличия в гидрологическом и гидрохимическом плане от других арктических морей. Наиболее сильно подвержено влиянию теплого Нордкапского течения (ветвь Гольфстрима) именно Баренцево море, вследствие чего его юго-западная часть круглый год не покрывается льдом и имеет положительную температуру поверхностных вод. В Баренцевом море речной сток составляет всего лишь 2,2% от океанской воды, поступающей из Норвежского моря с Нордкапским течением в южную и центральную части моря, что обуславливает низкую скорость осадкообразования.

Целью данной работы является исследование филогенетического состава сообществ СРБ в донных осадках Баренцева и Белого морей.

Были изучены образцы донных осадков, отобранные в 67-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» на станциях у берегов архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа (сентябрь-октябрь 2016 г.), донного осадка из Ура-Губы у Мурманского побережья (июнь 2017 г.), а также образцы осадка с литорали Белого моря в районе Беломорской биологической станции МГУ (август 2017 г.).

Из отобранных образцов донных осадков на питательной среде Видделя для морских форм СРБ были получены накопительные культуры, выделена тотальная ДНК, а затем проведен ПЦР-анализ с помощью специфических праймеров на ген 16S рРНК шести основных подгрупп СРБ. Анализ с помощью прямой ПЦР выявил наличие в

накопительных культурах из донных осадков на западе Земли Франца-Иосифа представителей СРБ подгруппы 5 (*Desulfococcus-Desulfonema-Desulfosarcina*) и подгруппы 6 (*Desulfovibrio-Desulfomicrobium*). Также СРБ 6-й подгруппы были обнаружены в накопительных культурах из донных осадков на обеих станциях к югу и северу от Новой Земли.

Для обнаружения в накопительных культурах из донных осадков минорных представителей СРБ была проведена также вложенная ПЦР. Анализ полученных результатов показал наличие СРБ подгрупп 1 (*Desulfotomaculum*), 2 (*Desulfobulbus*) и 4 (*Desulfobacter*) в донных осадках Баренцева моря к югу от Новой Земли. СРБ подгруппы 5 были обнаружены с помощью вложенной ПЦР в накопительных культурах из донных осадков, отобранных на обеих станциях к югу и северу от Новой Земли и к западу от Земли Франца-Иосифа.

ПЦР-анализ филогенетического разнообразия сообществ СРБ в накопительных культурах, полученных из донных осадков с литорали Белого моря, показал наличие представителей подгрупп 4, 5 и 6 с помощью методов прямой и вложенной ПЦР. Из накопительной культуры СРБ с литорали Белого моря к настоящему моменту удалось выделить чистую культуру, что было подтверждено результатами секвенирования гена 16S рНК. По результатам анализа нуклеотидной последовательности длиной 1482 п.о. гена 16S рНК выделенная культура имеет наибольшую гомологию (99%) к *Fusibacter bizertensis* - анаэробной галотолерантной тиосульфат-редуцирующей бактерии.

По результатам высокопроизводительного секвенирования ампликонов гена 16S рНК в пробах прибрежного донного осадка из Ура-Губы (юг Баренцева моря, Мурманская область) было выявлено наличие СРБ, относящихся к классу *Deltaproteobacteria*, порядку *Desulfobacterales* (13% от всех микроорганизмов в пробе), семействам *Desulfobulbaceae* (57% от всех *Desulfobacterales*) и *Desulfobacteraceae* (43% от всех *Desulfobacterales*). В семействе *Desulfobacteraceae* выявлены представители родов *Desulfofrigus*, *Desulfoconvexum* и *Desulfosarcina*, среди которых известны уникальные виды, способные расти даже при отрицательных температурах [2]. В семействе *Desulfobulbaceae* большая часть СРБ отнесена к некультивируемым (31% от всех представителей порядка) и неопределенным (9,5%) группам, что свидетельствует о значительных перспективах идентификации, выделения и всестороннего физиолого-биохимического изучения новых видов СРБ, обитающих в пока ещё малоизученной области Мирового океана - арктических морях.

Работа частично финансировалась за счёт средств гранта РФФИ № 18-29-05031 мк.

Список литературы

1. Finke N., Vandieken V., Jørgensen B. B. Acetate, lactate, propionate, and isobutyrate as electron donors for iron and sulfate reduction in Arctic marine sediments, Svalbard // FEMS Microbiology Ecology. 2007. Vol. 59, iss.1. P. 10–22. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00214.x>
2. Knoblauch C., Sahm K., Jørgensen B. B. Psychrophilic sulfate-reducing bacteria isolated from permanently cold Arctic marine sediments: description of *Desulfofrigus oceanense* gen. nov., sp. nov., *Desulfofrigus fragile* sp. nov., *Desulfofaba gelida* gen. nov., sp. nov., *Desulfotalea psychrophila* gen. nov., sp. nov. and *Desulfotalea arctica* sp. nov. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 1999. Vol. 49, pt. 4. P. 1631–1643.
3. Vandieken V., Knoblauch C., Jørgensen B.B. *Desulfotomaculum arcticum* sp. nov., a novel spore-forming, moderately thermophilic, sulfate-reducing bacterium isolated from a permanently cold fjord sediment of Svalbard // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2006. Vol. 56, pt. 4. P. 687–690. <https://doi.org/0.1099/ijs.0.64058-0>

ВНУТРИВИДОВАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *GYRODACTYLUS* В ЧЕРНОМ МОРЕ

Прохорова Д.А., Водясова Е.А.

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

Ключевые слова: *Gyrodactylus*, Черное море, морфологическая изменчивость

Моногены рода *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 известны уже почти 200 лет и являются интересными объектами благодаря своему необычному циклу размножения и высокой скорости дивергенции. Всего их известно около 450 видов, из которых наиболее изученным является *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957, включенный в список Международного эпизоотического бюро (ОИЕ) как причиняющий наибольший вред среди всех морских паразитов в связи с его смертельным воздействием на молодь лосося в северных странах Европы [1]. В Черном море найдено 12 видов рода *Gyrodactylus*. Из них 4 вида встречаются также в Баренцевом, Норвежском, Северном и Балтийском морях; 1- вид вселенцы из Японского моря; 2 вида известны еще из Средиземноморского бассейна и 1 вид - из Каспия; 1 вида найдены только в Черном море, и 1 недавно вселился в Балтийское море.

Определение видовой принадлежности *Gyrodactylus* основывается как на молекулярно-генетических, так и на морфологических данных. В качестве морфологических параметров используются особенности строения копулятивного органа и структур прикрепительного диска, который расположен на заднем конце тела моногены и вооружен парой больших срединных крючьев, двумя соединительными пластинками и мелкими краевыми крючками. Размеры организма учитываются реже в связи с его способностью к растяжению. Также значительная внутривидовая морфологическая изменчивость может быть обусловлена широким ареалом, наличием различных хозяев, возможной географической изоляцией. Так, коэффициент вариабельности размеров краевых крючьев может достигать 10%. Известно, что изменение температуры и солёности окружающей среды влияет на продолжительность жизни и размеры гапторальных структур представителей рода *Gyrodactylus* [2]. Было показано, что при более благоприятных условиях прикрепительные структуры у этих моногены увеличиваются в размерах. При неблагоприятных условиях сокращается время эмбриогенеза, увеличивается скорость их размножения и уменьшается размер гапторальных частей. Такая изменчивость затрудняет видовую идентификацию этих моногены.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы является изучение внутривидовой морфологической изменчивости представителей рода *Gyrodactylus* на примере *G. sphinx*, паразитирующего на морских собачках *Aidablennius sphinx* в Черном море.

При изучении изменчивости возникают следующие сложности. Во-первых, данный вид паразита за счет прикрепительного диска очень плотно присоединяется к поверхности тела хозяина, создавая проблему при переносе гиродактилюсов «на живую», орудуя лишь иголками. Нами предлагается способ, позволяющий осуществить перенос без особых затруднений: на предметное стекло помещается отрезанный кусок ткани хозяина, на котором находится *Gyrodactylus*, и заливается дистиллированной водой. По причине резкого контраста соленостей паразит разжимает прикрепительные крючки, что позволяет легко убрать его с поверхности. Несмотря на различия в солености Черного моря и других морских бассейнов, данные рекомендации являются универсальными.

Следующая проблема, возникающая при фиксации гиродактилюса, связана с его малым размером (~200 мкм), прозрачностью тела и постепенным уменьшением двигательной активности при умерщвлении хозяина.

После фиксации в глицерин-желатине необходимо максимально аккуратно перенести паразита на предметное стекло, плотно прижимая сверху покровным, чтобы срединный крючок оказался хорошо расправленным. Однако при сильном давлении можно повредить прикрепительный диск, и, следовательно, замеры его будет произвести невозможно.

Нами было промерено 35 особей *Gyrodactylus sphinx* из Карантинной бухты Севастополя и Геленджика с одного и того же хозяина *Aidablennius sphynx* (собачка-сфинкс). Схема измерений включала 39 линейных промеров структур прикрепительного диска и копулятивного органа. Достоверных различий размеров гиродактилюса в выборках с разных точек сбора не обнаружено. Для уплощенного тела фиксированного червя размеры тела в среднем около 380 мкм с диапазоном от 280 до 530 мкм. Размеры срединных крючьев были следующие: общая длина 28,3-33 мкм, длина основной части 21,5-25 мкм, длина острия 14,7-16,7 мкм, длина внутреннего отростка 6,4-9,6 мкм. Спинная пластинка имела длину 8,8-11,8 мкм и ширину 1,3-2,5 мкм. Брюшная соединительная пластинка длиной 5-6,2 мкм, шириной 11,1-12,6 мкм, имеет «бороду» длиной 8,4-10,3 мкм, и уховидные отростки длиной 1,8-2,8 мкм. Копулятивный орган размерами 9,8-12,6 мкм на 3,5-3,7 мкм вооружен одним большим и семью маленькими крючками.

Морфологическая изменчивость является важной характеристикой вида, не только для его таксономической идентификации, но и для изучения модификационной изменчивости, определения первичности/вторичности хозяина, что позволяет сделать выводы не только о самом паразите, но и об его адаптациях к условиям окружающей среды.

Работа выполнена в рамках темы № АААА-А19-119060690014-5 гос. задания ФГБУН ИнБИОМ РАН.

Список литературы

1. Paladini G., Hansen H., Williams C. F., Taylor N. G. H., Rubio-Mejía O. L., Denholm S. J., Hytterød S., Bron J. E., Shinn A. P. Reservoir hosts for *Gyrodactylus salaris* may play a more significant role in epidemics than previously thought // *Parasites & Vectors*. 2014. Vol. 7. P. 576–[589]. <https://doi.org/10.1186/s13071-014-0576-5>
2. Dmitrieva E., Dimitrov G. Variability in the taxonomic characters of Black Sea gyrodactylids (Monogenea) // *Systematic Parasitology*. 2002. Vol. 51, iss. 3. P.199–206. <https://doi.org/10.1023/A:1014594614921>

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ВОДОЕМОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Рыжилова И.Ю.^{1,2}

¹Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

²Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: биолюминесценция, биолюминесцентные бактерии, штамм

Несмотря на достигнутый значительный прогресс в изучении светящихся бактерий, остаются неясными многие вопросы их видового состава и особенностей распространения в экосистемах.

Ежегодно исследователи разных стран мира открывают новые виды светящихся бактерий, но они по-прежнему остаются неизученными объектами, в частности, биолюминесцентные бактерии водоемов Ростовской области. Так как преимущественно

они обитают в соленой воде, то особый интерес представляет изучение их видового состава не только в морях, но и в соленых озерах [1].

Целью работы является выделение биолюминесцентных бактерий из водоемов Ростовской области и их последующая идентификация.

В качестве материала для исследования послужили пробы воды, отобранные из Азовского моря и озера Пеленкино, а также, выделенные из полученных проб воды, штаммы светящихся бактерий.

Для выделения биолюминесцентных бактерий из воды использовали метод мембранных фильтров, который является простым, точным и экономичным методом контроля уровня микробной загрязненности. Принцип метода прост: пробу воды фильтруют через мембранный фильтр, а содержащиеся в образце микроорганизмы задерживаются на фильтре, после чего фильтр помещают в чашку Петри на подобранную питательную среду и инкубируют при определенной температуре. Выделение люминесцентных бактерий проводили, периодически анализируя наличие биолюминесценции, - визуально или с помощью люминометра. Когда выявляли люминесценцию, чистую культуру микроорганизмов выделяли стандартными методами, отбирали и высевали светящиеся колонии.

Для предварительной идентификации выделенных штаммов применяли стандартные методы, используемые в микробиологии. Были исследованы их культуральные, морфологические (окраска, величина, форма отдельно растущих колоний) и биохимические характеристики (расщепление углеводов и аминокислот). Оптимальный температурный режим определяли, инкубируя выделенные колонии на среде LB с добавлением 3 % NaCl. Оптимальную концентрацию NaCl определяли на среде LB с добавлением различных количеств NaCl (0,5-10 %) [2].

Для диагностики биохимических характеристик использовались наборы стандартных коммерческих биотестов для идентификации бактерий API 20 NE (BioMerieux). Также определение биохимических показателей проводилось при помощи анализатора автоматического бактериологического Vitek® 2 Compact 30 (BioMerieux) с использованием карт VITEK® 2 GN (BioMerieux). Оксидазная активность определялась при помощи бумажных полосок Oxi-тест (Pliva-Lachema).

Для сопоставления чувствительности применили характеристику effective concentration (EC50), где EC50 - содержание вещества, при котором биолюминесценция бактериальной суспензии за 30 минут уменьшается вдвое. Чувствительность всех полученных штаммов светящихся бактерий протестировали в конкретных диапазонах концентраций, изучаемых токсикантов. Установленные данные позволяют определить величину EC50, сравнить чувствительность светящихся бактерий, которые применяют в традиционных биотестах по этому критерию.

Из выделенных 15 штаммов микроорганизмов, для дальнейшего исследования было отобрано всего 5 штаммов. В ходе работы проводился подбор оптимальных условий для роста биолюминесцентных бактерий.

Проанализировав полученные данные, были определены наиболее оптимальные условия, при которых наблюдается рост и свечение бактерий - температура +25 °С и концентрация NaCl 3 г/мл.

Далее было проведено окрашивание по Граму и были описаны культуральные и морфологические, а также биохимические свойства штаммов биолюминесцентных бактерий

В соответствии с рекомендациями по идентификации бактерий семейства Vibrionaceae [3] и на основании полученных диагностических признаков была проведена предварительная идентификация выделенных штаммов.

Анализ полученных данных и сопоставление со свойствами по определителю бактерий Берджи даёт основание отнести штаммы к следующим родам: 1 штамм -

Vibrio sp., 2 штамм - *Shewanella sp.*, 3 штамм - *Vibrio sp.*, 4 штамм - *Vibrio sp.*, 5 штамм - *Shewanella sp.*

В процессе дальнейшей работы проведена оценка чувствительности биOLUMИнесценции светящихся бактерий (5-ти штаммов) к действию различных токсических веществ ($ZnSO_4$, $CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$ и SDS), на основании чего был отобран один штамм (№ 4), обладающий максимальной чувствительностью к широкому спектру токсикантов.

Необходимо отметить, что по полученным результатам чувствительность к действию токсикантов исследованных нами штаммов *Shewanella sp.* и *Vibrio sp.* намного выше чувствительности штаммов, используемых в коммерческих тест-системах для определения токсичности (*E. coli* C600 (pРВА-5), *Ph. phosphoreum* (Cohn) Ford., *E. coli*, тест-система «Эколюм»).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).

Список литературы

1. Кацев А. М., Макемсон Дж. Идентификация светящихся бактерий, выделенных из Черного и Азовского морей // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2006. Т. 19 (58), № 4. С. 111–116.
2. Сазыкина М. А., Сазыкин И. С., Хаммами М. И., Журавлева М. В., Карчава Ш. К. Исследование динамики генотоксичности донных отложений Нижнего Дона с использованием биOLUMИнесцентных сенсоров // Валеология. 2015. № 3. С. 47–51. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2015-3-47-51>
3. Определитель бактерий Берджи : в 2 т. / под ред. Хоулта Дж., Крига Н., Снита П. и др. ; пер. с англ. ; под ред. Г. А. Заварзина ; 9-е изд. Москва : Мир, 1997. Т. 1. 430 с.; Т. 2. 800 с.

ВИДОВОЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Семенова А.С.

Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), г. Калининград

Ключевые слова: биоразнообразие, Балтийское море, зоопланктон, эвтрофирование

Балтийское море обладает важным рекреационным, рыбохозяйственным и транспортным потенциалами. Смена периодов осолонения и опреснения во второй половине XX и начале XXI века на фоне климатических изменений (повышения температуры) и эвтрофирования отразилась на состоянии всей экосистемы моря. Зоопланктон важная составная часть экосистемы Балтийского моря, с одной стороны планктонные ракообразные основные потребители взвешенного органического вещества и фитопланктона, с другой стороны служат важным кормовым ресурсом для рыб Балтийского моря. Целью работы было изучение состава, структуры и функционирования зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря. Материалом послужили пробы, которые отбирали в 1995-2018 гг. в ходе научно-исследовательских рейсов в юго-восточной части Балтийского моря на 15-35 станциях. Всего за период исследования было собрано и обработано более 1400 проб. Продукция ракообразных рассчитывалась по балансовому равенству [1]. Также были рассчитаны индикаторные

характеристики зоопланктона (разработанные HELCOM), отражающие экологическое состояние Балтийского моря и степень доступности и качество пищи для рыб-планктофагов [2]. В составе зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря выявлено более 50 видов. В открытой части водоема массового развития достигали *Pseudocalanus elongatus* (Boeck, 1865), *Centropages hamatus* (Lilljeborg, 1853), *Temora longicornis* (O. F. Müller, 1785), *Evadne nordmanni* Lovén, 1836, *Eubosmina maritima* (P. E. Müller, 1867) и *Podon leuckartii* (G. O. Sars, 1862). Тогда как в прибрежной зоне доминировали *Acartia bifilosa* (Giesbrecht, 1881), *Acartia longiremis* (Lilljeborg, 1853), *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1776), *Eubosmina maritima* (P. E. Müller, 1867), *Evadne nordmanni* Lovén, 1836, а также эпизодически на отдельных прибрежных станциях наблюдались вспышки развития *Keratella quadrata* (O. F. Müller, 1786) и науплиев Cirripedia. Наибольшее число видов было характерно для веслоногих и ветвистоусых ракообразных. В зимний и осенний сезоны по численности и биомассе доминировали веслоногие ракообразные, а в весенний и летний периоды наряду с веслоногими ракообразными значительную долю составляли ветвистоусые ракообразные и коловратки. В прибрежной зоне по численности и биомассе доминировали Cladocera, в открытой зоне - Cladocera и Copepoda. Также в зоопланктоне встречались отдельные виды, относящиеся к другим таксономическим группам: оболочникам, усоногим ракообразным, моллюскам, многощетинковым червям, мизидам и радиоляриям. Индекс Шеннона, рассчитанный по численности, в открытой части Балтийского моря составлял 3,13 бит/экз., в прибрежной зоне он был ниже - 2,41 бит/экз., что говорит о ее более высоком трофическом статусе, более высокий трофический статус прибрежной зоны отмечен и по показателям фитопланктона и первичной продукции. В среднем за год в зоопланктоне по численности доминировали веслоногие ракообразные (65%) и коловратки (24%), по биомассе - веслоногие (49%) и ветвистоусые (35%) ракообразные. Численность зоопланктона в течение года варьировала в очень широких пределах от 0,3 до 447,5 тыс. экз./м³, биомасса - от 30 до 3762 мг/м³, составляя в среднем за год 44,3 тыс. экз./м³ и 0,61 г/м³. К основным тенденциям, произошедшим в зоопланктонном сообществе юго-восточной части Балтийского моря за последние 20 лет в сравнении с данными предыдущих исследователей, можно отнести смену доминирования крупного *P. elongatus* на более мелкоразмерные виды *T. longicornis*, *Acartia* spp., *E. maritima* и *E. nordmanni*. Также на фоне снижения роли веслоногих ракообразных, произошло возрастание доли коловраток в весенний период и ветвистоусых ракообразных в весенне-летний период. В зоопланктоне юго-восточной части Балтийского моря в последние годы произошла успешная натурализация хищных ветвистоусых ракообразных *Cercopagis pengoi* и *Evadne anonyx*. Эти виды могут оказывать существенное влияние на структуру и функционирование планктонных сообществ исследованного района. Один из ключевых факторов, влияющих на количественные показатели этих видов-вселенцев - температура. В условиях экстремально теплого лета 2010 г. они достигали своего максимального развития в исследуемом районе. Помимо видов-вселенцев, в последние годы обеспокоенность вызывает массовое развитие сифомедуз *Aurelia aurita* в позднелетний и раннеосенний периоды, что создает дополнительный пресс на зоопланктонное сообщество. Основная часть продукции (более 90 %) создавалась доминирующими видами ракообразных *P. elongatus*, *T. longicornis*, видами р. *Acartia*, *C. hamatus*, *E. maritima* и *E. nordmanni*. При этом большая часть продукции зимой и более трети осенью создавалась *P. elongatus*, а в весенне-летний период более половины продукции создавали Cladocera. Минимальная величина продукции отмечалась в зимний сезон (1% годовой) с нарастанием к весне (16%), максимумом летом (72%) и резким падением в осенний период (11%). Максимальное развитие зоопланктона и соответственно максимальная его биомасса и продукция наблюдались в годы наиболее сильного прогрева воды, за счет массового развития

Cladocera в весенне-летний период этих лет. По индикаторным характеристикам зоопланктона весь период исследований можно условно подразделить на 3 подпериода. Первый из них с 1995 по 2000 гг. когда было отмечено плохое или посредственное состояние экосистемы Балтийского моря, второй период с 2001 по 2007 гг., когда наблюдались максимальные величины биомассы зоопланктона и максимальный средний размер зоопланктеров и состояние экосистемы можно охарактеризовать как хорошее, редко посредственное. И, наконец, третий период с 2008 г. по настоящее время, когда происходит снижение биомассы зоопланктона, но особенно резко снижается средний размер, что ухудшает степень утилизации фитопланктона зоопланктоном и ведет к ухудшению кормовой базы для рыб-планктофагов, состояние экосистемы в этот период можно назвать плохим. Таким образом, согласно индикаторным характеристикам зоопланктона наибольшая эффективность утилизации первичной продукции зоопланктоном и наиболее благоприятные условия для удовлетворения пищевых потребностей рыб-планктофагов, отмечались в 2001-07 гг., в последние годы они значительно ухудшились. Это связано с продолжительным отсутствием значительных адвекций североморских вод, которое привело к ухудшению кислородного режима и снижению солености, что в свою очередь повлекло за собой значительное снижение количественного развития крупного рачка *P. elongatus*.

Раздел 2 государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» №076-00005-19-00.

Список литературы

1. Винберг Г. Г. Методы определения продукции водных животных. Минск : Высшая школа, 1968. 245 с.
2. Gorokhova E., Lehtiniemi M., Postel L., Rubene G., Amid C., Lesutiene J., Uusitalo L., Strake S., Demereckiene N. Indicator Properties of Baltic Zooplankton for Classification of Environmental Status within Marine Strategy Framework Directive // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, iss. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158326>

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ФАУНЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ В ЭКСПОЗИЦИЯХ ПРИМОРСКОГО ОКЕАНАРИУМА

Сницкая Е.В., Питрук Д.Л., Мережкин О.Н.

«Приморский океанариум» — филиал ННЦМБ ДВО РАН, г. Владивосток, о. Русский

Ключевые слова: северо-западная Пацифика, Дальний Восток России, Приморский океанариум, экспозиции

Тихий океан является самым большим океаном планеты [1]. Площадь морей, заливов и проливов Тихого океана составляет 31,64 миллиона км² (18 % от общей площади океана), объём 73,15 миллиона км³ (10 %). Большая часть морей находится в северо-западной части океана вдоль Евразии: Берингово, Охотское, Японское и др. [2]. В отношении биоразнообразия, на долю Тихого океана приходится более 50 % всей биомассы Мирового океана. Видовой состав в 3—4 раза богаче, чем в других океанах, особенно в тропических водах [1].

Дальний Восток России расположен у побережья северо-западной Пацифики. На юге Дальнего Востока, на острове Русском, входящем в состав Владивостокского городского округа, расположен крупнейший в России Приморский океанариум, который практически со всех сторон омывается водами залива Петра Великого Японского моря. Биологическое разнообразие зал. Петра Великого поразительно: здесь встречаются как бореально-арктические, так и субтропические, и даже тропические виды. В связи с этим есть возможность постоянного пополнения коллекции

океанариума разнообразными видами гидробионтов. Также, благодаря своему месторасположению, Приморский океанариум всегда имеет возможность использовать природную морскую воду.

В океанариуме представлены более 500 видов обитателей морей, рек и озер, от простейших организмов до беспозвоночных, рыб, птиц, морских млекопитающих, а также многие растения в условиях, близких к естественным [3]. Но особое внимание уделяется экспозициям с обитателями российских вод: Японского (Восточного), Охотского, Берингова морей, озера Ханка, реки Амур и озера Байкал. Широко представлена фауна северо-западной Пацифики: липарис агасица *Liparis agassizii*, рыба-лягушка *Aptocyclus ventricosus*, желтый трехполосый окунь *Sebastes trivittatus*, японская мохнатоголовая собачка *Chirolophis japonicus*, тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii*, катран *Squalus acanthias*, сима *Oncorhynchus masou*, кета *Oncorhynchus keta*, мальма *Salvelinus malma*, несколько видов камбал, терпугов и еще огромное количество видов других рыб. Беспозвоночные животные представлены трепангами, морскими ежами и звездами, осьминогами, моллюсками, ракообразными, медузами. Также здесь можно увидеть «Водорослевый лес» - это один из самых крупных бассейнов океанариума. В нем высажены такие водоросли, как ламинария (*Laminaria*), саргассум (*Sargassum*), филоспадикс (*Phyllospadix*), анфельция (*Ahnfeltia*), кодиум (*Codium*) и ульва (*Ulva*), а дополняют данную экспозицию рыбы и беспозвоночные.

Наличие морских гидробионтов создает принципиально новые возможности для проведения исследований, связанных с доступностью для наблюдения. Исследование жизненного цикла животных в контролируемых условиях позволяет получить уникальные данные по их биологии и этологии.

Финансирование за счет организации.

Список литературы

1. Физическая география материков и океанов / под общ. ред. А. М. Рябчикова. Москва : Высшая школа, 1988. 562 с.
2. Атлас океанов. Термины, понятия, справочные таблицы. Москва : ГУНК МО СССР, 1980. С. 84–85.
3. Исаева В. В., Касьянов Н. В. Улица Академика Касьянова на острове Русский // Вестник ДВО РАН. 2013. № 2. С. 139–140.

ВЛИЯНИЕ КРАТКОСРОЧНОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭРИТРОЦИТЫ МОРСКОГО ЕРША (*SCORPAENA PORCUS L. 1758*)

Солдатов А.А.^{1,2}, Кухарева Т.А.¹, Андреева А.Ю.¹, Парфенова И.А.²

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

²Крымский федеральный университет, г. Симферополь

Ключевые слова: гипоксия, эритроциты, гемоглобин, эритрограмма крови, морфометрия клеток, *Scorpaena porcus L*

Существует несколько путей адаптации системы красной крови костистых рыб к среде с низкой концентрацией кислорода. Это может быть усиленная продукция эритропоэтина в почках рыб, что приводит к ускоренной пролиферации эритроцитов, но требует достаточно продолжительного периода времени (дни) [1]. Другой более лабильной компенсационной реакцией на гипоксию считают опорожнение кровяных депо [2]. Также возможна коррекция положения кривых диссоциации оксигемоглобина и появление компонентов, обладающие обратным эффектом Бора, не чувствительные к рН и др.

Цель работы - исследовать морфофункциональные характеристики эритроцитов циркулирующей крови морского ерша в условиях краткосрочной острой гипоксии.

Работа выполнена на взрослых особях *Scorpaena porcus* L., длина тела - 15-17 см, вес тела - 90-110 г. Данный вид отличается повышенной устойчивостью к гипоксии. Экспериментальная часть работы выполнена с применением стенда, который позволяет поддерживать требуемую концентрацию кислорода в воде. Содержание кислорода снижали путем пропускания через воду азота в течение 2,5-3,0 часов с 8,5-8,7 мг л⁻¹ (100% насыщения, контроль) до 2,6 мг л⁻¹ (30% насыщения, опыт), а в другой серии экспериментов до 1,3 мг л⁻¹ (15% насыщения, опыт). Экспозиция составляла 90 минут.

У рыб получали кровь, затем определяли концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов и осмотическую резистентность. Изготавливали мазки и подсчитывали количество незрелых и аномальных эритроидных форм. Объем выборки составил 10000 клеток на мазок. Концентрация гемоглобина и число эритроцитов в крови контрольной группы рыб составили 43,7±2,8 г л⁻¹ и 0,86±0,07 (10⁶) кл-к мкл⁻¹. Снижение содержания кислорода в воде до уровня 30% насыщения не оказывало значимого влияния на данные показатели. При более глубокой гипоксии (15% насыщения) концентрация гемоглобина и число эритроцитов в крови ерша понижались соответственно на 17,6% и 12,8% (p<0,05).

При 15% насыщении кислородом происходил рост осмотической стойкости эритроцитов, что допускает лизис части клеток.

Одновременно наблюдали снижение числа эритроцитарных аномалий в крови относительно контрольной группы рыб: дакриоцитов - на 0,4% (p<0,05), клеток с микроядерными включениями - на 0,05% (p<0,001) и эритроцитарных теней - на 0,26% (p<0,001). Это происходило только при 15% насыщении кислородом воды. Однако, в случае с микроядрами, различия не были выражены.

Анализ содержания незрелых эритроидных форм в крови ерша показал, что при 15% насыщении воды кислородом их число уменьшалось на 2,2% (p<0,05). Индекс базофильные/полихроматофильные нормобласты уменьшался на 26%. При более высоком насыщении воды кислородом (30%) этого не наблюдали.

Таким образом, основные эффекты были выявлены только при акклимации рыб к условиям 15% насыщения воды кислородом. Они сводились к следующему: понижению концентрации гемоглобина и числа эритроцитов в крови; росту осмотической стойкости клеток красной крови; уменьшению относительного содержания в крови аномальных и незрелых эритроидных форм.

В основе наблюдаемых изменений может лежать несколько процессов: смещение эритроцитарного баланса в пользу деструктивных процессов; депонирование части циркулирующей эритроцитарной массы; лизис части старых и аномальных эритроцитов. Последние два могут дополнять друг друга.

Изменение баланса между продукцией и деструкцией эритроидных клеток требует значительного времени. В течение 90 минут это сделать не удастся. Депонирование части циркулирующей эритроцитарной массы в селезенке - более быстрая реакция, поэтому этот процесс не следует исключать из рассмотрения. Избирательный лизис старых и аномальных эритроидных форм наиболее вероятный процесс, определяющий снижение числа эритроцитов. Содержание большинства аномалий в крови ерша в условиях гипоксии (15% насыщение) действительно понижалось. Причиной лизиса клеток красной крови в условиях гипоксии может стать также их набухание, отмеченное во многих работах.

Продукты лизиса эритроцитов должны индуцировать выработку эритропоэтинов в почках, тем самым повышая темпы пролиферации эритроцитов [1]. Однако, в нашем случае содержание незрелых эритроидных форм в крови, напротив, существенно

понижалось. Это говорит об определенной степени инерционности процессов эритропоэза.

Таким образом, краткосрочная гипоксическая нагрузка, вызывает ряд однонаправленных изменений в системе красной крови рыб: угнетаются эритропоэтические процессы в гемопоэтической ткани; отмечается лизис осмотически низкостойких и аномальных клеток. Это приводит к снижению концентрации гемоглобина, числа эритроцитов в крови и росту осмотической резистентности циркулирующей эритроцитарной массы. Рассмотренный порядок изменений в системе красной крови должен индуцировать продукцию эритропоэтинов в почках и активизировать эритроидный росток в гемопоэтической ткани.

Работа выполнена в рамках госзадания (номер гос. регистрации № 0828-2018-0003) и при частичной поддержке гранта РФФИ (проект № 16-04-00135а).

Список литературы

1. Wells R. W. G., Weber R. E. The spleen in hypoxic and exercised rainbow trout // Journal of Experimental Biology. 1990. Vol. 150. P. 461–466.
2. Kulkeaw K., Sugiyama D. Zebrafish erythropoiesis and the utility of fish as models of anemia // Stem Cell Research & Therapy. 2012. Vol. 3, no. 6. P. 55. <https://doi.org/10.1186/scrt146>

ПРИМЕНЕНИЕ СУЛЬФИТРЕДУЦИРУЮЩИХ КЛОСТРИДИЙ В ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИБРЕЖНУЮ ЗОНУ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Трубник Р.Г.

Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: сульфитредуцирующие клостридии, донные отложения, Таганрогский залив, Азовское море

Настоящее сообщение направлено на оценку экологического состояния донных отложений, основанную на применении сульфитредуцирующих клостридий как индикатора загрязнения донных отложений водных экосистем. Отметим, что ряд клостридий являются возбудителями болезней, опасных для человека: ботулизм (*C. botulinum*), столбняк (*C. tetani*), газовая гангрена (*C. septicum*, *C. perfringens* тип А), некротический энтерит (*C. perfringens* тип А) и др. В период с 10 по 13 августа 2016 года были проведены экспедиционные исследования прибрежной зоны юго-восточной части Таганрогского залива. Всего было отобрано 27 проб донных отложений. Станции отбора проб располагались в прибрежной зоне юго-восточной части Таганрогского залива вблизи населенных пунктов: п. Береговой, с. Круглое, с. Павло-Очаково, п. Семибалки, п. Новомаргаритовка; и в устьях рек Мокрая Чубурка и Сухая Чубурка. Методика отбора проб и последующего анализа подробно описана в работах [1, 2].

Результаты экспедиционных исследований юго-восточного побережья Таганрогского залива показали, что численность СРК в донных отложениях варьирует от 10^3 - 10^7 КОЕ/г, что превышает нормативные показатели [3] в несколько раз. Полученные результаты близки к таковым в грязевых отложениях Таманских лиманов[1], грязи которых используются в качестве лечебных. Максимальная численность отмечена в поверхностном слое донных отложений вблизи с. Павло-Очаково и п. Симебалки. Полученные данные указывают на фекальное загрязнение

юго-восточного побережья Таганрогского залива, которое, по-видимому, обусловлено активным выпасом скота и влиянием хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих от расположенных неподалеку населенных пунктов.

Выражаю благодарность научному руководителю, д.г.н., профессору Ю.А. Федорову, за ценные советы по подготовке работы, а также с.н.с, к.б.н. М.А. Морозову за помощь в определении численности сульфотредуцирующих клостридий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-17-01229).

Список литературы

1. Fedorov Yu. A., Gar'kusha D. N., Trubnik R. G. Bacteria of the Clostridium Genus, Methane and Hydrogen Sulfide in Sulfide Mud of the Taman Peninsula Reservoirs // OnLine Journal of Biological Sciences. 2018. Vol. 18, iss. 3. P. 315–322. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2018.315.322>
2. Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология / под ред. А. С. Лабинской, Е. Г. Волиной. Москва : Бином, 2008. 1080 с.
3. МУК 143-9/316-17. Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей. Утв. 11 сент. 1989 г. [Москва, 1989. 17 с.].

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА ТУАПСИНСКОГО ПРОГИБА (ЧЕРНОЕ МОРЕ) ОСЕНЬЮ 2017 Г.

Хазанова К.П.^{1,2}, Акулова А.Ю.¹, Ростанец Д.В.¹

¹МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

²Центр Морских исследований МГУ, Москва

Ключевые слова: фитопланктон, первичная продукция, хлорофилл «а», Туапсинский Прогиб, Черное море

Туапсинский прогиб расположен преимущественно на континентальном склоне в северо-восточной части Черного моря. Работы по изучению фитопланктона были выполнены в первой половине октября 2017 г. на 18 станциях, расположенных в шельфовой зоне. Глубины в районе исследования составляли от 21 до 31 м, прозрачность воды варьировала от 7 до 12 м.

Пробы отбирали при помощи батометра Нискина объемом 5 л. Пробы фитопланктона объемом 1 л. обрабатывали по стандартным методикам [1], определение и подсчет численности проводили под световым микроскопом, объем клеток рассчитывали по методу геометрического подобия [2]. Пробы хлорофилла фильтровали на стекловолоконные фильтры GF/F, концентрацию пигментов определяли на флуориметре. Первичную продукцию фитопланктона определяли кислородной модификацией скляночного метода, перевод из кислородных единиц в углеродные выполняли согласно балансовому уравнению фотосинтеза (коэффициент пересчета 0,375), интегральную первичную продукцию в столбе воды рассчитывали методом трапеций.

Фитопланктон Туапсинского прогиба в октябре 2017 г. был представлен 125 видами и вариантами водорослей, основу видового богатства составляли представители отделов Dinophyta (42%) и Ochrophyta (34%, из них 30% - класс Bacillariophyceae). Численность фитопланктона изменялась от 5,66 млн кл./м³ до 151,4 млн кл./м³ (среднее

значение 58,1 млн кл./м³; медиана 50 млн кл./м³). Основу численности фитопланктона составляла гаптофитовая водоросль *Emiliania huxleyi* (Lochmann) Hay et Mohler, высокий уровень развития которой на протяжении последнего десятилетия отмечают ежегодно [3]. Биомасса фитопланктона варьировала от 16,45 мг/м³ до 190,7 мг/м³ (среднее арифметическое 67,35 мг/м³, медиана - 62,04 мг/м³). В границах обследованной акватории пространственное распределение количественных показателей фитопланктона характеризовалось высокой степенью мозаичности. Вертикальное распределение фитопланктона в столбе воды было равномерным, тренд по изменению численности и биомассы альгофлоры с глубиной отсутствовал.

В поверхностном горизонте численность фитопланктона изменялась от 6,73 млн кл./м³ до 115,32 млн кл./м³ (среднее значение 55 млн кл./м³; медиана 47,7 млн кл./м³). Биомасса фитопланктона составляла от 25,7 мг/м³ до 166,6 мг/м³ (среднее значение 72,2 мг/м³, медиана - 66,9 мг/м³). Основу численности фитопланктона на станциях формировала *E. huxleyi*. Для станций с наименьшей численностью фитопланктона было характерно увеличение вклада диатомей в общую численность. В целом в границах района исследования отмечено скачкообразное изменение численности фитопланктона в поверхностном горизонте, не имеющее четкой пространственной локализации. Распределение биомассы также было скачкообразным, при этом изменения численности и биомассы фитопланктона не всегда были согласованы, на ряде станций при низкой численности отмечена высокая биомасса и наоборот, что связано с особенностями видового состава и различиями в индивидуальных размерах водорослей.

В слое скачка гидрофизических параметров численность фитопланктона изменялась от 5,66 млн кл./м³ до 151,4 млн кл./м³ (среднее значение 61,69 млн кл./м³; медиана 55,98 млн кл./м³). Таким образом, как наименьшая, так и наибольшая численность фитопланктона изученной акватории были отмечены именно в слое скачка. Биомасса фитопланктона составляла от 18,48 мг/м³ до 111,56 мг/м³ (среднее значение 54,57 мг/м³, медиана - 56,24 мг/м³). Как и в поверхностном горизонте, в слое скачка динамика изменения численности и биомассы была хаотичной и не имела чёткой пространственной приуроченности. За счет того, что основной вклад в численность фитопланктона давала мелкоклеточная *E. huxleyi*, зачастую динамика изменения численности и биомассы была несогласованной.

В придонном горизонте (в среднем глубина на исследованном участке составляла 23 м) численность фитопланктона изменялась от 6,06 млн кл./м³ до 108,91 млн кл./м³ (среднее значение 57,59 млн кл./м³; медиана 67,07 млн кл./м³). Биомасса фитопланктона составляла от 16,45 мг/м³ до 190,71 мг/м³ (среднее значение 75,25 мг/м³, медиана - 67,81 мг/м³). Таким образом, как наименьшая, так и наибольшая биомасса фитопланктона исследованной акватории были зарегистрированы в придонном горизонте. Как и в двух вышележащих горизонтах, в придонном слое численность фитопланктона между станциями отличалась больше чем на порядок, зоны повышенной численности не имели чёткой пространственной приуроченности, а основу численности формировала *E. huxleyi*, вклад которой достигал 86% от общей численности фитопланктона в пробах. Наибольшая биомасса фитопланктона в придонном горизонте отмечена на той же станции, на которой зафиксированы максимумы биомассы у поверхности и в слое скачка. Основу биомассы (95%) формировали динофитовые водоросли, преимущественно *Protoceratium reticulatum* (Clap. et Lachm.) Bütschli, *Protoperidinium depressum* (Bail.) Balech и *Tripos fusus* (Ehrenberg) F.Gomez.

Концентрация хлорофилла «а» на станциях изменялась от 0,309 до 0,837 мг/м³, среднее значение составляло 0,521 мг/м³, медиана - 0,498 мг/м³. Имел место чёткий линейный тренд увеличения содержания пигмента с возрастанием глубины. В поверхностном слое содержание хлорофилла изменялось от 0,309 до 0,651 мг/м³, среднее значение составляло 0,416 мг/м³, медиана - 0,387 мг/м³. В слое скачка

гидрофизических параметров содержание хлорофилла изменялось от 0,381 до 0,690 мг/м³, среднее значение составляло 0,505 мг/м³, медиана - 0,484 мг/м³. В придонном слое содержание хлорофилла изменялось от 0,50 до 0,837 мг/м³, среднее значение составляло 0,641 мг/м³, медиана - 0,671 мг/м³.

Значения интегральной первичной продукции фитопланктона в столбе воды варьировали от 236 мгС/м² в сутки до 1938 мгС/м² в сутки (среднее арифметическое составляло 876 мгС/м² в сутки, медиана - 729 мгС/м² в сутки). Ассимиляционное число, отражающее фотосинтетическую активность фитопланктона, составляло от 0,22 до 12,42 мгС/мг Хл в час, в среднем 3,43 мгС/мг Хл в час (медиана - 2,67 мгС/мг Хл в час).

Обработка проб выполнена с использованием приборно-технической базы МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № АААА-А16-116021660054-4).

Список литературы

1. Радченко И. Г., Капков В. И., Федоров В. Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона : учебно-методическое пособие для студентов биологических специальностей университетов. Москва : Мордвинцев, 2010. 60 с.
2. Hillebrand H., Dürselen C.-D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // Journal of Phycology. 1999. Vol. 35, iss. 2. P. 403–424. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x>
3. Лифанчук А.В. Эколого-физиологические характеристики доминирующих видов фитопланктона северо-восточной части Черного моря : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Геленджик, 2017. 156 с.

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОПУЛЯЦИИ *RAPANA THOMASIANA* В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ (АБХАЗИЯ, СЕЛО ПРИМОРСКОЕ)

Цыбулевская М.В.

Институт Экологии Академии Наук Абхазии, Сухум; Абхазский Государственный Университет, Сухум

Ключевые слова: *Rapana thomasiana*, популяция, Абхазия, село Приморское

Черное море является одним из водоемов, который не может похвастаться своим высоким разнообразием видового состава. Современная черноморская фауна - это, по большей части, вселенцы, освоившие новый биотоп. Одним из ярких примеров такого вселения является появление в экосистеме Черного моря брюхоногого моллюска *Rapana thomasiana*.

Материалом для исследования послужили живые особи рапаны, собранные в конце сентября-начале октября 2018 г. на участке в селе Приморское Гудаутского района. Данный участок был впервые взят для исследования популяции *Rapana thomasiana* Crosse [1]. Участок сбора в с. Приморское характеризуется невысоким количеством кормовой базы - *M. galloprovincialis*. Грунт на участке - галечник с остатками крупного обломочного материала (скалы, валуны). Тотальные выборки всех живых особей для полного биологического анализа осуществлен на обследованной площади с помощью легкого водолазного снаряжении на глубинах 4-10 м. При исследовании для каждой особи определялись: высота раковины (с точностью до 0.1 мм), сырая масса моллюска с раковиной и без раковины (с точностью до 0.1 г), пол (женский, мужской) и возраст

(годы), а также определение коэффициента упитанности моллюсков (формула Фультон). Пол особей устанавливали по наличию/отсутствию полового органа (пениса) у самцов и самок, возраст определялся по нерестовым меткам на раковине [3].

Rapana thomasiana - один из самых крупных и доминирующих моллюсков у берегов Абхазии, встречающийся повсеместно, но наибольшая частота встречаемости связана с мидиевыми колониями. Средняя численность особей на участке оказалось невысокой и составляла 0,2 экз./м², тогда как средняя биомасса моллюсков - 4,19 г/м². *R.thomasiana* - многолетний моллюск, она живет от 8 до 12 лет. В представленной выборке возраст особей варьировал в пределах от 2 до 4 лет. Самой многочисленной группой в с. Приморское были особи 2-х лет - 65 %, тогда как особи в возрасте трех лет составили 30 %, а 4-летние моллюски - 5%. В выборках из других участков также доминировали особи возрастом 2 года [2].

В выборке на данном участке диапазон размерного ряда рапаны показал, что минимальный размер раковины - 41 мм, максимальный составил 70 мм. Наибольшую часть популяции с. Приморское составили особи рапаны размерной группы 41-50 мм - 70%. Моллюски размерного ряда 51-60 мм обозначили 25% от общего числа, а размерная группа 61-70 мм - 5%. Анализ изменения общей массы рапаны позволяет судить об условиях ее существования, в том числе о степени пищевой обеспеченности. Исследованные моллюски имели массу от 10,1 до 40,0 г, в среднее значение массы моллюсков было 19,8 г. Учитывая, что *Rapana thomasiana* - ценный морепродукт, обладающий вкусным и питательным мясом, значение приобретает исследование коэффициента упитанности особей в абхазской акватории Черного моря. Он является показателем степени истощенности рапан и показателем здоровья популяции у берегов Абхазии. Значение коэффициента упитанности *Rapana thomasiana* в с. Приморское, при средней длине 49 мм, коэффициент равен 10,07. Коэффициент упитанности для моллюсков не велик, что может указывать на определенную степень голоданий *Rapana thomasiana*.

Обеспеченность пищей является главным условием роста рапаны, а также влияет на половую структуру популяций. Анализ половой структуры *R.thomasiana*, наряду с изучением возрастной структуры позволяет прогнозировать ее численность на ряд ближайших поколений или лет. Исследование половой структуры популяции из акватории в селе Приморское: из собранных 20 особей, 9 являются самками, а 11-самцами, т.е. соотношение полов составляет 1:1,2. Исследования размерных характеристик самцов и самок в популяции *R.thomasiana* на момент исследования показывают, что средняя высота раковины самцов превышает таковую у самок. Так, например, средняя длина самок в популяции составила 45 мм, а у самцов, в свою очередь, - 52,4 мм.

Анализ показателей средней общей массы (с раковиной) самцов и самок *Rapana thomasiana* показал, что средняя общая масса самцов больше показателей средней массы (с раковиной) самок. Средняя масса самок в данной популяции составляет 14,4 г, тогда как у самцов - 26,3г. В задачи нашего исследования входило изучение половозрастных характеристик черноморской популяции *Rapana thomasiana* у берегов села Приморское. При исследовании половозрастных особенностей во всех возрастных группах преобладали самцы, а особи возрастной группы четырех лет были полностью представлены самцами.

На основании проведенных исследований можно считать, что современный этап существования популяции в Черном море у берегов Абхазии характеризуется пластичными процессами приспособления к условиям среды. Подтверждением этого стало снижение размерно-массовых характеристик всех возрастных групп, и упитанности (биопродуктивности) популяции рапаны в целом. В связи с уменьшением кормовой базы - мидий, размеры и масса рапаны уменьшилась, но общее число особей

остается на относительно высоком уровне. Возраст особей из выборки на участке с. Приморское не превышает 4 лет, как и размер раковин в пределах до 70 мм.

Половая структура популяции рапаны характеризуется неравным соотношением полов, с преобладанием самцов в каждой выборке. Исследования размерно-массовых характеристик самцов и самок в популяции *Rapana thomasiana* показывают, что средняя высота раковины и средняя общая масса самцов превышают таковые у самок.

Низкий коэффициент упитанности моллюсков, по сравнению с первоначальными показаниями, свидетельствует о голодании *R.thomasiana* у берегов Абхазии и можно предположить о необходимости исключения рапаны из перечня промысловых биологических ресурсов моря у берегов Абхазии. Крупный и агрессивный хищник рапана в новых местах появления воспринимается как нежелательный вселенец, способный серьёзно ухудшить экологическую ситуацию. Учитывая все положения, необходимо проводить постоянный мониторинг состояния популяции *Rapana thomasiana* в Черном море у берегов Абхазии.

Список литературы

1. Красная книга России. Москва, 2002 г.
2. Цыбулевская М. В. *Rapana thomasiana* Crosse (Mollusca, Gastropoda) в Черном море у берегов Абхазии: особенности и динамика популяции // Сборник материалов V научно-практической молодежной конференции «Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами, 8-11 октября 2018 г. г. Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2018. С.142–145.
3. Чухчин В. Д. Экология морских моллюсков Черного моря. Киев: Наук.думка, 1984. 176 с.

**ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И
АКВАКУЛЬТУРА**

**О НЕЛЕГАЛЬНОМ ЛОВЕ КАСПИЙСКИХ ТЮЛЕНЕЙ (*PUSA CASPICA*) И
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ ИЗ НЕГО В КАЗАХСТАНСКИХ
ПРИКАСПИЙСКИХ ГОРОДАХ**

Баймуканова А.М.^{1,2}, Баймуканов Т.Т.²

¹Учреждение «Институт гидробиологии и экологии», пос. Иргели

²Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г. Алматы

Ключевые слова: каспийский тюлень, опрос, рынок, тюлений жир, кустарное производство

Спад численности популяции каспийского тюленя (*Pusa caspica*) с начала XX века составил более 90%. В Красном списке Международного союза охраны природы этому виду присвоен статус «находящийся под угрозой исчезновения». В Республике Казахстан с 2006 года не утверждается лимит вылова тюленей и поэтому добыча животных, производство и реализация продукции от этого вида запрещены [1]. В то же время, исследования воздействия рыболовства на популяцию тюленей и оценка смертности в результате этого [2,3] показали, что тюлени часто присутствуют на рыбопромысловых участках и высок уровень их прилова в сетях.

Осенью 2015 года был проведен мониторинг рынков казахстанских прикаспийских городов - г. Актау и г. Атырау на предмет наличия продукции, изготовленной из тюленей.

Сбор данных проводился методом опроса. В г. Атырау опрос проводился на 4 рынках. Было опрошено 27 продавцов, из которых: у 4 (14, 82 % от общего числа опрошенных) имелся в наличии тюлений жир заводского производства из городов Барнаул и Новосибирск в жидком виде в ёмкостях по 250 мл, и эти торговцы не занимаются продажей тюленьего жира местного кустарного производства; 15 человек (55,56%) заверили, что не занимаются продажей тюленьего жира и не осведомлены о его поставках на рынки г. Атырау; 5 продавцов (18,52%) интересовались для каких нужд и целей требуется тюлений жир; 3 продавца (11,11%) ответили, что тюлений жир местного кустарного производства можно приобрести у некоторых продавцов рыбной продукции с наступлением холодов с середины октября и по март. В это время можно заказать необходимое количество жира, и есть люди, готовые специально выйти на лед и добыть тюленей.

Во второй половине ноября на одном из рынков г. Атырау была зафиксирована продажа тюленьего жира кустарного производства, предположительно из сала каспийского тюленя.

В г. Актау наблюдения проводились на двух продовольственных рынках. На прилавках реализовывался тюлений жир заводского производства в 250 мл. бутылках. Продукция местного кустарного производства отсутствовала. Однако со слов опрашиваемых зимой и весной ведется продажа топленого тюленьего жира местного кустарного производства в 5-литровой таре из пластика.

Другой продукции из тюленей на рынках казахстанских прикаспийских городов обнаружено не было.

Анализ рекламных сайтов в сети ИНТЕРНЕТ свидетельствует о существовании продажи тюленьего жира кустарного производства через объявления, которые периодически обновляются. Одно из последних объявлений, выложенное 10 мая 2019 г. предлагает приобрести тюлений жир кустарного производства в г. Актау в пластиковых бутылках ёмкостью 500 мл.

Таким образом, проведенный опрос, наличие на рынках и объявления на рекламном сайте о продаже тюленьего жира местного кустарного производства свидетельствует о существовании нелегального лова каспийских тюленей и спроса на тюлений жир. Данный лов существует, по всей видимости, больше как прилов в рыболовные сети, но в редких случаях как отлов по индивидуальным заказам. Объем этого лова неизвестен. Необходимо организовывать и проводить разъяснительные беседы с рыбаками об отрицательном воздействии добычи на популяцию тюленей, усилить контроль природоохранных учреждений за незаконным промыслом и оборотом продукции из каспийского тюленя.

Стоит отметить, что, к сожалению, до сих пор каспийский тюлень в Казахстане относится к объектам рыболовства, что не исключает возможность возобновления промысла этого вида и создает потребительского отношение к виду у населения. Ввиду этого рекомендуется на законодательном уровне вывести каспийского тюленя из числа видов - объектов рыболовства в число видов животных, не используемых в хозяйственных целях, но имеющие экологическую, культурную и иную ценность.

Необходимо также законодательно признать факт прилова каспийских тюленей в сетные орудия лова. Это даст возможность вводить в практику методики учета прилова тюленей, их высвобождения из сетей, производить оценку травм, полученных тюленями в сетях, а также разрабатывать мероприятия по снижению воздействия рыболовства на популяцию каспийского тюленя и смертности зверей в результате этого [1].

Работа выполнена согласно Договора с ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» в рамках государственного заказа Министерства сельского хозяйства РК по изучению динамики численности на лежбищах в казахстанской зоне Каспийского моря и комплексной оценке факторов угроз на популяцию каспийского тюленя

Список литературы

1. Баймуканов М. Т. Как сохранить каспийского тюленя (*Pusa caspica*)? // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Сер.: Биологическая и медицинская. 2017. Т. 6, № 324. С. 100–111.
2. Dmitrieva L., Kondakov A., Oleynikov E., Kydyrmanov A., Karamendin K., Vaimukanov M., Kasimbekiv E., Wilson S. Assessment of Caspian Seal ByCatch in an illegal Fishery Using an Interview-Based Approach // PloS ONE. 2013. Vol. 8, iss. 6.
3. Баймуканов Т. Т. К оценке воздействия рыболовства в казахстанском секторе Каспийского моря на каспийских тюленей (*Pusa caspica*) по результатам опросов 2015-2016 гг. // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием, 11–15 сент. 2017 г. Севастополь, 2017. С. 128–131.

ДИЗАЙН ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПОВЕДЕНИЕ ГРЕБНЕВИКОВ *MNEMIOPSIS* *LEIDYI*

Баяндина Ю.С.¹, Пономарева А.А.², Кирин М.П.¹

¹Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

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

Ключевые слова: *Mnemiopsis leidyi*, гребневики, освещенность, миграции, ImageJ

Mnemiopsis leidyi – вид гребневики группы морских желеобразных планктонных животных. Для гребневики характерна бирадиальная симметрия тела вокруг

продольной оси с ртом на одном полюсе (оральном) и сенсорным органом, содержащим статоцист, на другом конце (аборальном); наличие восьми меридиональных рядов гребных пластинок с ресничками отличает их от стрекающих и других представителей зоопланктона. Фотография черноморского представителя этого вида представлена на обложке данного сборника.

Общее строение нервной системы *Mnemiopsis leidy* ранее уже хорошо изучено. Комплекс аборального органа является основной сенсорной структурой животного, он контролирует движение и, возможно, является световым сенсором. Всесторонний анализ генов, участвующих в производстве и поглощении света у личинок *Mnemiopsis leidy* [1] показал, что экспрессия генов опсина (обладающих способностью воспринимать и излучать свет) происходит в апикальном сенсорном органе, а именно в нервных цилиарных клетках. Так как в развивающихся фотоцитах транскрипты фотобелков экспрессируются вместе с опсинами [1], то фотоциты, вероятно, могут не только излучать, но и воспринимать свет.

В литературе присутствуют разрозненные данные по изучению отдельных реакций гребневиков на свет. Так в работе [2] было показано, что отсутствие освещенности стимулирует размножение этих животных. В работе [3] высказано предположение, что гребневики *Mnemiopsis leidy* избегая яркого света (свыше 10 микроЭйнштейн/м²/сек), совершают вертикальные миграции в толще воды.

Сведений о лабораторных экспериментах по изучению реакций гребневиков на изменение освещенности в литературе найдено не было. Для содержания гребневиков в искусственных условиях необходимо обеспечить их быструю доставку в экспериментальные аквариумы с постоянным протоком свежей воды определенной температуры. Фото и видеофиксация движения этих полупрозрачных животных, а также анализ полученных материалов представляет сложную задачу для исследователя.

Нами была поставлена цель - разработка дизайна лабораторного эксперимента, который позволил бы выявить основные типы поведенческих реакций *Mnemiopsis leidy* на свет во всем диапазоне значений освещенности, характерных для естественных условий их обитания.

Взрослых особей *Mnemiopsis leidy* отбирали в море, затем переносили в прозрачные аквариумы объемом 200 л с постоянным протоком морской воды и проводили их акклиматизацию в течение одного-двух часов. Температура воды в аквариумах соответствовала температуре воды в море. До начала эксперимента гребневики содержали в темноте не менее часа.

Первая серия экспериментов была нацелена на выявление возможных реакций гребневиков на свет и подбор наиболее подходящих режимов экспозиции животных и их фотосъемки. Использовали четыре схемы экспериментов: 1) в аквариуме сохраняли минимальный проток воды, при общем слабом освещении; 2) равномерное освещение аквариума с общим освещением сверху, без протока воды; 3) съемка без освещения, без протока воды; 4) направленное освещение - источник света устанавливали непосредственно на аквариум, создавая градиент освещенности толщи воды.

Для регистрации реакций гребневиков на изменение освещения проводили серийную фотосъемку животных в аквариуме. Фотоаппарат закрепляли на штативе и устанавливали, так чтобы в кадр попадала вся передняя плоскость аквариума. Экспериментально был определен оптимальный режим записи движения гребневиков - фотосъемка в режиме «таймлапс»: 1 кадр в 2 сек на протяжении 10 минут (300 кадров).

Для обработки полученных материалов и создания видеофайлов из кадров «таймлапс» использовали программу Adobe Premier. Видео анализировали в программе ImageJ: с помощью установленного плагина wrMTrack_Batch определяли скорости движения гребневиков и строили треки их движения. Статистический анализ проводили в Statistica 10.

В результате предварительных экспериментов установлено, что гребневики не способны сопротивляться току воды, изменение траектории и скорости движения животных при наличии протока не зависит от освещенности аквариумов. В условиях отсутствия градиента освещенности гребневики практически не перемещаются в толще воды аквариума. При установке направленного света, происходит некоторая активация движения, молодые особи двигаются активнее взрослых. Для определения характера изменения траекторий и скоростей движения необходимо проведение дальнейших экспериментов и увеличение их числа.

На основании анализа результатов экспериментов подготовлены рекомендации для проведения дальнейших опытов:

1. Съемка животных в аквариумах без протока воды при различных схемах установки направленного освещения (сверху и сбоку)
2. Увеличение интенсивности освещения (свыше 10 микроЭйнштейн/м²/сек)
3. Проведение съемки мгновенной реакции гребневиков (начиная с первой секунды) на изменение интенсивности освещенности и последующей адаптации к освещению (съемка в течение первого часа на 1-10, 30-40, 50-60 минуты.)
4. Одновременная экспозиция трех разноразмерных животных в одном аквариуме, для упрощения идентификации каждой отдельной особи и достоверности обработки полученной в эксперименте видеoinформации.

Разработан специфический алгоритм обработки фотоматериала движения *Mnemiopsis leidyi* в программе Adobe Premier, для его дальнейшего анализа в программе ImageJ.

Работа выполнена при поддержке гранта правительства РФ по постановлению Р220 (Договор № 14W03.31.0015 от 28.02.2017 г.) и государственного задания – тема № АААА-А18-118020790229-7.

Список литературы

1. Schnitzler C. E., Pang K., Powers M. L., Reitzel A. M., Ryan J. F., Simmons D., Tada T., Park M., Gupta J., Brooks S. Y., Blakesley R. W., Yokoyama S., Haddock S. H D., Martindale M. Q., Baxevanis A. D. Genomic organization, evolution, and expression of photoprotein and opsin genes in *Mnemiopsis leidyi*: a new view of ctenophore photocytes // BMC Biology. 2012. Vol. 10.
2. Sasson D. A., Ryan J. F. The sex lives of ctenophores: the influence of light, body size, and self-fertilization on the reproductive output of the sea walnut, *Mnemiopsis leidyi* // PeerJ. 2016. Vol. 4. Article no. e1846. <https://doi.org/10.7717/peerj.1846>
3. Haraldsson M. et al. Evidence of diel vertical migration in *Mnemiopsis leidyi* // PloS ONE. 2014. Vol. 9, iss. 1.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ ЮЖНОЙ БЫСТРЯНКИ *ALBURNOIDES BIPUNCTATUS FASCIATUS* (NORDMANN, 1840) ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Белогурова Р.Е., Карпова Е.П.

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: быстрянка южная, популяционная структура, Крымский полуостров, внутренние водоемы, пластические и меристические признаки

Южная быстрянка (*Alburnoides bipunctatus fasciatus*) - умеренно реофильная пресноводная рыба семейства Cyprinidae, автохтонный вид, известный для рек юго-западного макросклона Крымских гор (Черная, Бельбек, Кача, Альма) еще со времен исследований К.И. Габлица в конце XVIII века [1, 2]. Сравнительно недавно была

обнаружена в р. Салгир, причем А.И. Мирошниченко отнес рыб этой популяции к подвиду русская быстрянка (*A. bipunctatus rossicus*) и связывал ее появление с функционированием Северо-Крымского канала [2, 3]. На основе анализа счетных признаков некоторыми исследователями быстрянки из крымских рек выделены в самостоятельный вид - быстрянка крымская (*A. maculatus* (Kessler, 1859)) [4]. Таким образом, таксономический статус южной быстрянки до сих пор является объектом дискуссий. В данной работе использована номенклатура *A. bipunctatus fasciatus*.

Известны работы, касающиеся исследования изменчивости представителей рода *Alburnoides* в различных участках ареала: реках России, Беларуси, Чехии. Тем не менее, внутривидовая структура южной быстрянки в реках Крымского полуострова изучена слабо. Более 40 лет назад проводилось исследование полового диморфизма *A. bipunctatus fasciatus* из р. Альма и было установлено, что между самками и самцами имеются достоверные отличия лишь по 4 признакам из 25 [1]. Учитывая недостаточную изученность биологии южной быстрянки, а также специфичность условий обитания и обособленность водотоков полуострова, целью данной работы является оценка внутривидовой дифференциации этого вида в некоторых реках Крыма.

Материал для работы собран в ходе экспедиционных исследований отдела планктона ФГБУН ИМБИ по внутренним водоемам Крымского полуострова летом в 2014 и 2017 годах. Пробы рыб были получены из рек западной части северного макросклона Крымских гор (реки Кача, Бельбек и Черная - 2017 г.) и р. Ангара - левобережного притока р. Салгир (2014 г.). Рыб вылавливали с помощью ручных сачков. Для морфометрического анализа, в ходе которого были изучены 29 пластических и 4 меристических признака, пробы были зафиксированы 4% раствором формальдегида. Измерения выполнялись по общепринятой схеме с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Для дальнейшей обработки результаты измерений представлены в виде индексов - в процентах от длины тела (*SL*), а промеры на голове - в процентах от длины головы (*HL*). Всего обработано 240 экземпляров рыб, из которых для последующей статистической обработки отобрана 171 самка. Для оценки изменчивости индексов признаков в каждой из выборок использован коэффициент вариации *var*. Сравнение выборок проводилось с использованием *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости $p=0,01$. Реализованы кластерный и дискриминантный анализы, выполненные в программном пакете Statistica 10.0.

При одинаковой методике сбора материала, наибольшими средними размерами отличалась выборка рыб из р. Ангара ($SL_{cp}=91,1\pm 2,3$ мм), что может быть связано с лучшими трофическими условиями в этом водотоке, а наименьшими - из р. Кача ($SL_{min}=47,0$ мм).

Индексы признаков каждой из выборок варьировали незначительно. Наибольшей изменчивостью ($var>10$) отличались следующие пластические признаки: толщина тела и диаметр глаза у рыб из р. Бельбек; высота головы, диаметр глаза и ширина лба у рыб из р. Черная; постдорасльное, антеанальное и вентроанальное расстояния и ширина лба у рыб из р. Кача. Признаки на теле и голове рыб из р. Ангара оказались наименее вариабельными, но в этой выборке наблюдалась изменчивость по меристическому признаку - количеству чешуй в боковой линии. Счетные признаки у рыб из других районов варьировали в пределах значения $var<5$.

Попарное сравнение выборок южной быстрянки из 4 рек с помощью *t*-критерия Стьюдента показало, что они отличаются друг от друга достоверно по нескольким признакам. Наименьшая разница в индексах исследуемых признаков наблюдаются у рыб из рек Кача и Черная (имеются достоверные ($t>2,64$) различия по 3 признакам). По наибольшему количеству признаков (15 пластических) достоверные отличия отмечены у рыб из рек Ангара и Бельбек; по 14 - из рек Ангара и Кача; по 13 - из рек Ангара и Черная, а также Бельбек и Кача; по 9 - из рек Бельбек и Черная. При этом различия

между выборкой из р. Ангара и другими реками наблюдались в большей степени по индексам признаков, выраженных в процентах от длины головы. Возможно, причиной этому являются более крупные размеры рыб из р. Ангара, однако этот вопрос требует более детального изучения.

Степень близости изученных районов по комплексу изучаемых признаков отражают дендрограммы сходства, построенные с помощью кластерного анализа, осуществленного по показателям дивергенции Кульбака-Лейблера. По пластическим признакам на низком уровне дивергенции происходит объединение выборок из рек Черная и Бельбек, к ним примыкает группа, образованная выборками из рек Кача и Ангара. По меристическим, также, как и по всему комплексу изучаемых признаков, распределение следующее: к группе рыб из рек Черная и Бельбек присоединяется выборка из р. Кача, и к этому кластеру примыкает проба из р. Ангара.

Для комплекса изученных пластических признаков южной быстрянки из 4 рек Крыма реализован дискриминантный анализ. В результате разделения исследуемых признаков в многомерном пространстве показано образование двух четких групп, первая из которых сформирована рыбами из рек Бельбек, Черная и Кача, а другая - из р. Ангара.

Таким образом, популяционная структура южной быстрянки в реках Крымского полуострова неоднородна. Предварительно можно выделить две внутривидовые группировки, образованные рыбами из рек западной и восточной частей северного макросклона Крымских гор.

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», номер гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2, а также по теме НИР «Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия», номер гос. регистрации АААА-А19-119060690014-5.

Список литературы

1. Мовчан Ю. В., Смирнов А. И. Фауна Украины. Т. 8. Рыбы. Вип. 2. Коропові. Київ : Наукова думка, 1983. Ч. 2. 360 с.
2. Карпова Е. П., Болтачев А.Р. Рыбы внутренних водоемов Крымского полуострова. Симферополь : Бизнес-Информ, 2012. 200 с.
3. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / гл. ред. В. С. Тарасенко. Симферополь : Таврида, 2003. 413 с.
4. Bogutskaya N.G., Coad B.W. A review of vertebral and fin-ray counts in the genus *Alburnoides* (Teleostei: Cyprinidae) with a description of six new species // *Zoosystematica Rossica*. 2009. 18 (1). P. 126–173.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-САХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА

Воробьева О.В.^{1,2}, Котова О.В.³

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

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва

³ООО «Центр морских исследований МГУ имени М. В. Ломоносова», г. Москва

Ключевые слова: хлорофилл, Охотское море

Микроводоросли являются не только важным звеном в трофических цепях водных сообществ, но и одним из наиболее чувствительных к загрязнению компонентов

морских экосистем. В их пигментном составе выделяют хлорофиллы а, b, с, каротиноиды и фикобилины. Основную роль в фотосинтезе – образовании органического вещества за счет солнечной энергии - играет хлорофилл «а», так как другие пигменты лишь передают поглощенную ими энергию хлорофиллу «а». Концентрация хлорофилла позволяют оценить как биомассу, так и продукционные характеристики фитопланктона. Охотское море - один из продуктивнейших районов Мирового океана, чья высокая продуктивность обусловлена целым рядом локальных факторов, таких как образование и таяние льдов, поступление пресных вод (в первую очередь, от р. Амур), системы течений и противотечений, апвеллингов, приливно-отливных перемешиваний. Высокая продуктивность Восточно-Сахалинского шельфа летом обусловлена наличием вдольберегового апвеллинга, разная степень его интенсивности и соответственно поступления в верхние слои вод, обогащенных биогенными элементами, приводит к неоднородности в распределении величин концентрации хлорофилла [1, 2]. Для исследования концентрации хлорофилла в прибрежной части Охотского моря у северо-восточной части Сахалина пробы морской воды отбирались батометром Нискина с четырех горизонтов – подповерхностного, слоя скачка солености, максимума флуоресценции и придонного в пластиковые емкости объемом 1 л с завинчивающейся крышкой. В случае, если максимум флуоресценции совпадал со слоем скачка солености – с трех горизонтов. Далее воду пропускали через фильтрационную систему с вакуумным насосом и мембранные фильтры фирмы «Владисарт» (диаметр пор 0,45 мкм, диаметр фильтра 47 мм) под давлением 0,2 атм. Содержание хлорофилла а определяли по методике EPA Method 445.0 [3]. Всего было проанализировано 177 проб с 54 станций. Значения концентрации хлорофилла «а» в сентябре-октябре 2018 г. в поверхностном горизонте колебались от 0,99 до 20,84 мг/м³ (среднее 4,11 мг/м³, медиана 2,91 мг/м³), в слое скачка солености от 0,29 до 24,47 мг/м³, составляя в среднем 3,65 мг/м³ (медиана 2,17 мг/м³). Глубина залегания максимума хлорофилла варьировала от 0 (поверхностный горизонт) до 20 м, при этом максимальное содержание хлорофилла в столбе воды варьировало от 0,99 до 24,47 мг/м³, составляя в среднем 4,97 мг/м³ (медиана 4,11 мг/м³). На большинстве станциях слой максимума хлорофилла не совпадал со слоем скачка солености, располагаясь на глубинах 7-20 м (медиана 13,5 м). Наибольшие концентрации хлорофилла наблюдались в прибрежных мелководных станциях, с глубинами до 20-40 м. На прибрежных мелководных станциях концентрации хлорофилла в придонных горизонтах вносили существенный вклад в суммарное значение хлорофилла в столбе воды. Интегральное содержание хлорофилла «а» в столбе воды варьировало от 17,25 до 641,35 мг/м². Среднее значение составляло 64,19 мг/м², медиана – 47,88 мг/м². Для оценки фотосинтетической активности фитопланктона было рассчитано ассимиляционное число (АЧ) – величина, показывающая соотношение синтезированного органического углерода к хлорофиллу «а» за час и характеризующая скорость фотосинтеза. Величины АЧ фитопланктона составили 0,66-4,77 (медиана 0,95) мг С/мг Хл*ч. Несмотря на относительно большую вариабельность значений, обусловленную различными условиями среды, полученные величины ассимиляционного числа на большинстве станций характеризовали невысокую скорость фотосинтеза, что обычно для развития фитопланктона в осенний период. При этом биотический баланс, т.е. соотношение продукционных и деструкционных процессов в сообществе, на большинстве станций в поверхностном горизонте превышал единицу, что свидетельствует о достаточно высокой фотосинтетической активности в сообществе. В период исследований длительность светового дня убывала, поэтому освещение, наряду с доступностью биогенных элементов, могло оказаться лимитирующим фактором. В целом, результаты проведенных исследований по содержанию хлорофилла «а» соотносятся с данными предыдущих лет и с данными литературы. По показателям уровня первичной

продукции и содержания хлорофилла «а» состояние фитопланктона на в 2018 г. можно охарактеризовать как естественное для осенней стадии сукцессии альгоценоза в данном регионе.

Работа выполнена при поддержке ООО "Центр морских исследований МГУ имени М.В.Ломоносова".

Список литературы

1. Мордасова Н. В. Некоторые особенности распределения хлорофилла в Охотском море // Океанология. 1997. Т. 37, № 4. С. 538–546.
2. Мордасова Н. В., Метревели М. П. Фитопигменты в Охотском море // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря : [кол. монография] / под ред. В. В. Сапожникова. Москва : ВНИРО, 1997. 272 с.
3. Arar E. J., Collins G. B. Method 445.0 In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence / U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC, 1997. [22 p.].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ КОММЕРЧЕСКИ ЦЕННЫХ ГОЛОТУРИЙ

Дункай Т.И.^{1,2}, Богатыренко Е.А.¹, Юнусова И.О.¹, Ким А.В.¹

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

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

Ключевые слова: пробиотики, аквакультура, микроорганизмы, голотурии, дальневосточный трепанг

В аквакультуре нередко приходится сталкиваться с проблемой вспышек инфекционных заболеваний у гидробионтов, что, несомненно, сказывается на эффективности работы предприятий, работающих в этой отрасли. В настоящее время наиболее перспективным и безопасным способом решения этой проблемы является профилактическое применение препаратов на основе биологически активных микроорганизмов, так называемых пробиотиков.

Пробиотики нашли широкое применение как в медицинской практике для лечения и профилактики различных инфекционных заболеваний человека, так и в ветеринарии. Использование же пробиотиков в аквакультуре является сравнительно новым направлением в биотехнологии, однако уже изучены пробиотические свойства широкого спектра микроорганизмов: грамположительных (*Bacillus*, *Enterococcus*) и грамотрицательных бактерий (*Aeromonas*, *Pseudomonas* и *Vibrio*), дрожжей (*Phaffia*, *Saccharomyces*), микроводорослей (*Tetraselmis*), которые успешно применяются с целью контроля заболеваемости и повышения продуктивности рыбопитомников и морских ферм [1]. На примере различных объектов (рыб, моллюсков, ракообразных) показано, что использование пробиотиков приводит к повышению выживаемости гидробионтов на 20-62% и к увеличению скорости их роста на 8-115.3% [2].

Среди представителей класса голотурий *Holothuroidea* (тип Иглокожие - *Echinodermata*) немало коммерчески ценных видов животных, которые представляют большой интерес для аквакультуры. Одним из таких объектов является дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus*. В рамках проведенных нами исследований из 134 штаммов культивируемых гетеротрофных бактерий, выделенных

из пищеварительной системы дальневосточного трепанга [3], было выбрано 7 штаммов, обладающих свойствами потенциальных пробиотиков. Указанные микроорганизмы продемонстрировали способность синтезировать спектр пищеварительных ферментов, а также ингибировать рост патогенных вибрионов и таких потенциально опасных бактерий как *Staphylococcus aureus*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli*. В модельных экспериментах на молоди трепанга, а также на взрослых особях этого вида была доказана эффективность использования биологически активных бактерий для повышения выживаемости и темпов роста массы животных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00693.

Список литературы

1. Irianto A., Austin B. Use of probiotics to control furunculosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) // Journal of Fish Diseases. 2002. Vol. 25, iss. 6. P. 333–342. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2002.00375.x>
2. Cruz M. P., Ibáñez A. L., Hermsillo M. O. A, Saad R. H. C. Use of probiotics in aquaculture // ISRN Microbiology. 2012. Article no. 916845. [13 p.]. <https://doi.org/10.5402/2012/916845>
3. Bogatyrenko E. A., Buzoleva L. S. Characterization of the gut bacterial community of the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* // Microbiology. 2016. Vol. 85, iss. 1. P. 116–123. <https://doi.org/10.1134/S0026261716010033>

ВКУСОВЫЕ ОТВЕТЫ НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ *OREOCHROMIS NILOTICUS* НА АМИНОКИСЛОТЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Левина А.Д.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: аминокислоты, стереоизмеры, органические кислоты, вкусовая привлекательность, пищевое поведение, рыбы

Изучение вкусовых предпочтений и особенностей пищевого поведения рыб является важной научной задачей этологии и хеморецепции рыб, представляющей интерес и для аквакультуры. Актуальным вопросом является анализ связи между физико-химическими характеристиками вещества и его вкусовыми свойствами. В ходе данной работы проведено исследование поведенческих и вкусовых ответов нильской тилляпии *Oreochromis niloticus* при оросенсорном тестировании аминокислот, органических кислот и их производных.

Для опытов использовано 12 особей (L = 12-17 см), предоставленных компанией «Крафт Тау». Экспериментальная часть работы выполнена на базе лаборатории хеморецепции и поведения рыб кафедры ихтиологии Биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова летом 2017 года. Рыб содержали поодиночке в аквариумах (10 л) при естественном режиме освещения и $t_{\text{воды}} = 24^{\circ}\text{C}$. Кормление проводили живыми личинками *Chironomidae* один раз в день после проведения опытов.

В опыте рыбам поштучно предлагали агар-агаровые гранулы (2%), содержащие краситель Ронсеау 4R (5 μM) и один из тестируемых вкусовых стимулов: свободные аминокислоты (D- и L-стереоизмеры, α - и β -изомеры, 0.1-0.001 М), органические кислоты (0.1 М), их производные (0.1-0.001 М) и водный экстракт личинок *Chironomidae* (175 г/л). В качестве контроля использовали гранулы, содержащие только краситель. В каждом опыте фиксировали потребление и число схватываний гранулы, а также длительность латентного периода реакции и продолжительность удержания

гранулы после первого схватывания и суммарно за весь опыт. Всего выполнено 3414 опытов.

Исследованные вещества для тилипии представлены тремя группами стимулов, отличающихся вкусовой привлекательностью. Среди органических кислот и их производных аттрактантами, достоверно повышающими потребление гранул в сравнении с контролем, являются лимонная кислота, аминокусусная кислота, щавелевая кислота, оксалат аммония (все 0.1 М), индифферентными стимулами, включение которых в гранулы не отражалось на их привлекательности - цитрат натрия, цитрат калия, укусузная кислота (все 0.1 М), а детергентом - сорбиновая кислота (0.1 М), достоверно снижающая потребление.

Среди аминокислот и их производных значимое усиление потребления гранул вызывают L-цистеин, цистеин гидрохлорид и саркозин. Обнаружено вещество, проявляющее детергентное свойство - лизин гидрохлорид. Остальные исследованные вещества оказались для тилипии индифферентными стимулами по параметру потребления (L- α -, L- β -, D-аланин, L-гистидин, L-глицин, глицинат натрия, диметилглицин гидрохлорид, L-лизин, пролин, гидроксипролин (все 0.1 М); L-, D-аспарагиновая кислота, L-, D-глутаминовая кислота, глутамат натрия, глутамат гидрохлорид, L-, D-триптофан (0.01 М); L-тирозин, метиловый эфир тирозина (0.001 М).

Показано, что привлекательность близких по химическому составу веществ может достоверно различаться. Так, гранулы с D-формой аспарагиновой кислоты потреблялись достоверно реже, чем с L-формой, для глутаминовой кислоты и для аланина подобного различия получено не было. По уровню потребления гранул с α - и β -формой аланина так же не было получено достоверных различий. Что касается производных аминокислот, то гранулы с глицином и глицинатом натрия имеют для тилипии одинаковый уровень привлекательности, а гранулы с глутаматом натрия потреблялись ими достоверно меньше, чем гранулы с глутаминовой кислотой. Так же гранулы с глутаминовой кислотой, с лизином и с цистеином потребляются достоверно лучше гранул с их гидрохлоридами, для глицина, в свою очередь, это различие не достигает достоверного уровня. По уровню потребления не было обнаружено достоверных различий для глицина и его метил-производной саркозина, пролина и гидроксипролина, тирозина и его эфира. Дипептид Ala-Gly потребляется достоверно лучше его составляющих: и аланина, и глицина, как и дипептид Gly-Gly, уровень потребления которого выше, чем у глицина. Ala-Ala и Cys-Cys по потреблению не отличаются от аланина и цистеина соответственно.

При сравнении уровня потребления гранул с органическими кислотами и их производными были получены следующие различия. Тилипии достоверно больше потребляли гранулы с сорбатом калия, чем с сорбиновой кислотой, однако, гранулы с цитратом натрия потребляли меньше, чем с лимонной кислотой, а для цитрата калия и оксалата аммония различий по уровню потребления выявлено не было.

Поведение, проявляемое рыбами при тестировании разных типов гранул, в большинстве случаев было сходным и не зависело от типа химического соединения, присутствующего в грануле. Зависимость между быстротой реакции рыб на гранулы и вкусовой привлекательностью содержащихся в них веществ не была выявлена. Показано, что для пищевого поведения нильской тилипии характерно заглатывание или окончательный отказ от потребления после однократного тестирования гранулы. Продолжительность удержания гранулы после первого схватывания и в течение всего опыта была близкой или совпадала. Средняя продолжительность тестирования гранул была всегда больше в опытах, закончившихся потреблением, чем в опытах, закончившихся отказом от заглатывания. Ответы рыб на гранулы с экстрактом Chironomidae были такими же, как и на гранулы с привлекательными веществами.

Полученные сведения о вкусовых предпочтениях и пищевом поведении тилапии могут представлять интерес для совершенствования технологии выращивания этих рыб.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 19-04-00367).

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОБЛЫ В Р. ВОЛГА В ПЕРИОД НЕРЕСТОВОЙ МИГРАЦИИ

Никитин Ф.И., Маркина И.А., Макарова Е.Г., Козлова Н.В.

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), г. Астрахань

Ключевые слова: физиологическое состояние, вобла, река Волга, нерестовая миграция, биохимия крови

В последние несколько десятилетий численность каспийской воблы (*Rutilus rutilus caspicus* Jak.), ценного промыслового объекта Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, значительно снизилась, масштабы ее естественного воспроизводства ежегодно сокращаются. Уменьшение запасов воблы связано как с ухудшением среды обитания особей, так и с высокой интенсивностью их вылова. Изменения экологии среды обитания рыб отражаются на физиолого-биохимических показателях организма.

Цель - исследовать физиолого-биохимические показатели производителей воблы в период нерестовой миграции в дельте р. Волга.

Материал для исследований воблы отбирали весной 2018 г. на тоневом участке «Глубокая» в р. Волга в количестве 30 экз. Средняя масса и длина особей составили 221,6 г и 21,6 см соответственно.

Обработку биохимических проб тканей рыб для оценки их физиологического состояния осуществляли по методам, описанным в работе [1]. В ходе биохимических исследований было определено количество общих липидов и водорастворимого белка в мышцах, гонадах и печени рыб. В крови измеряли содержание гемоглобина по методу Кушаковского и скорость оседания эритроцитов (СОЭ) по методу Панченкова [1]. Биохимические показатели в сыворотке крови рыб: содержание общего белка, неорганического фосфора, холестерина, глюкозы исследовали на анализаторе BioChem Analette с использованием реактивов High Technology. Содержание общих сывороточных липидов устанавливали спектрофотометрически. Результаты исследования были обработаны с применением общепринятых методов статистики в программе Microsoft Excel, 2010.

Исследование основных показателей жирового и белкового обменов - общих липидов и водорастворимого белка в мышцах, гонадах и печени дает возможность оценить репродуктивный потенциал популяции воблы и подготовленность к нересту. Липиды в тканях организма рыб расходуются на энергетические нужды и на формирование половых продуктов. Выловленные в весенний период производители воблы были представлены самками с IV стадией зрелости гонад. Средние концентрации общих липидов в мышцах воблы составили 0,73%, гонадах - 2,18%, печени - 2,53%. Полученные результаты по показателям липидов в тканях согласуются с литературными данными [2]. Содержание водорастворимого белка характеризует уровень функциональной активности и жизнедеятельности организма. Белок можно рассматривать как показатель нормального течения пластического обмена, а в некоторых случаях, как альтернативный источник энергии. Количество водорастворимого белка у производителей воблы составляло в мышечной ткани - 70,39 мг/г, в гонадах - 152,12 мг/г, в печени - 131,15 мг/г. Результаты исследований белка в тканях воблы согласуются с литературой [2].

Кровь является одной из наиболее лабильных тканей, быстро реагирует на действие различных факторов, что приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой обитания. По количественным характеристикам физиолого-биохимических показателей крови можно оценить степень негативного влияния среды на организм.

Средний уровень гемоглобина в крови воблы в период нерестовой миграции составлял 77,3 г/л. Для самок карповых, близких к нерестовому состоянию, значение гемоглобина находится в диапазоне 70-100 г/л. Скорость оседания эритроцитов зависит от ряда причин, например, изменений в составе белковых фракций крови. Изменение СОЭ может служить косвенным признаком текущего воспалительного или иного патологического процесса. СОЭ у рыб была в норме и составляла 2,63 мм/ч.

Полноценность питания отражает уровень оснащенности организма белками. Особи с уровнем общего сывороточного белка ниже 30 г/л характеризуются как патологичные (истощенные, с нарушением белкового обмена). В крови производителей воблы в период нерестовой миграции показатель общего сывороточного белка находился на уровне 60,4 г/л, особей с нарушением белкового обмена не отмечено.

Фосфор формирует комплексы с белками и является структурным макроэлементом. Концентрация неорганического фосфора в сыворотке крови исследованных особей составляла 5,4 ммоль/л, что входило в пределы нормативных значений для рыб (0,4-9,6 ммоль/л).

Для построения половых продуктов и накопления в качестве энергетических резервов в них важное значение играет холестерин и общие липиды. Количество холестерина у воблы в сыворотке крови было в среднем по выборке 2,4 г/л, общих липидов - 13,1 г/л. Концентрация холестерина в крови рыб выше диапазона 3,0-3,5 г/л считается патологичной и свидетельствует о стрессирующем воздействии среды. Показатель глюкозы в сыворотке крови воблы находился на уровне 2,7 ммоль/л. Для карповых рыб характерен уровень глюкозы в крови 2-5 ммоль/л.

Таким образом, по результатам физиолого-биохимических анализов состояние исследованных производителей воблы в 2018 г. в дельте р. Волги в период нерестовой миграции можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Список литературы

1. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации (Минсельхозпрод России) Департамент ветеринарии № 13-4-2/1487 от 02 февраля 1999 г. 6 с.
2. Файзулина Д. Р., Пономарёв С. В., Базелюк Н. Н. Особенности межгодовой динамики физиолого-биохимических показателей некоторых тканей каспийской воблы (*Rutilus rutilus caspicus*) по данным 2009–2013 гг. // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 92–100.

МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА СКОПЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В ПЛАСТЕ АНФЕЛЬЦИИ Б. ПЕРЕВОЗНАЯ

Новожилов А.А.

ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

Ключевые слова: анфельция, динамика, молодь трепанга

Изучена динамика скопления молоди трепанга дальневосточного на поле анфельции бухты Перевозная в 2015-2017 гг. Подсчитано количество особей на участке, средняя биомасса, количество особей трепанга в 1 кг анфельции, представлена массо-размерная структура скопления молоди трепанга.

Дальневосточный трепанг (*Apostichopus japonicus*) издавна является объектом промысла и пользуется большим спросом в странах АТР.

В настоящее время имеется множество работ о распространении, биологии и запасах этого объекта [1,2], однако сведений о локальных скоплениях и численности его молоди на полях анфельции мало.

Известно, что поля анфельции являются своего рода инкубатором молоди трепанга. Переплетенные дерновины, имеющие огромную относительную поверхность около 15 м²/кг сырой массы, создают малькам надежное укрытие, а осажженная в них взвесь служит им пищей. Тем не менее наиболее плотные поселения молоди трепанга были отмечены лишь на небольших локальных участках, приуроченных к периферийным зонам полей, тогда как на обширных площадях численность голотурий была весьма невысока.

Наличие трепанга на полях анфельции в разные годы отмечали Микулич Л.В. (1960), Брегман Ю.Э. (1971), Богданова Л.Г. (1973), Надточий В.А., Кобликов В.Н. (1981) и др. Тем не менее данные о пространственном распределении и численности молоди в пластах этой водоросли носили лишь фрагментарный характер. Необходимость учета этих показателей была обусловлена разработкой комплексной рациональной эксплуатации запасов анфельции.

По результатам исследования были сделаны следующие выводы:

1. Количество особей трепанга в 1 кг анфельции зависит от плотности анфельции на участке: в 2015 г. количество молоди в 1 кг анфельции составило 5,5 экз./кг, в 2016 г. - 7,4 экз./кг, а в 2017 г. - 6,0 экз./кг.

2. Площадь участка локализации изменяется за счет сжатия или растяжения поля под воздействием гидродинамических нагрузок: в 2015 г. составляла 120 га - 26,3 % от всей площади поля; в 2016 г. - 114 га - 29,6 %; в 2017 г. 151 га - 35,7 %.

3. Плотность молоди трепанга на участке локализации зависит от плотности (рыхлости) пласта.

4. Средний вес особей изменялся незначительно: в 2015 г. составил 10,5 г, в 2016 г. - 11,0 г, в 2017 г. - 10,8 г.

5. В скоплении доминируют особи от 5 до 40 г.

6. Численность молоди трепанга на участке локализации составляла: в 2015 г. - 23,76 млн. экз., в 2016 г. - 42,5 млн. экз., в 2017 г. - 31,8 млн. экз.

7. Рациональный подход к проблеме сохранения молоди трепанга на анфельции позволит реально увеличить его численность в заливе Петра Великого.

Работа выполнена при поддержке Студенческого гранта Дальрыбвтуза.

Список литературы

1. Левин В. С. Дальневосточный трепанг. Санкт-Петербург : Голанд, 2000. 199 с.
2. Лавин П. И., Чернышев В. Д. Расчеты скорости фотосинтеза морской промысловой водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* // Оперативные информационные материалы. Иркутск, 1977. С. 28–29.

ЭВОЛЮЦИЯ КОРОТКИХ ТАНДЕМНЫХ ПОВТОРОВ: СЛУЧАЙ ЗОЛОТОЙ РЫБКИ (*CARASSIUS AURATUS*)

Орлов М.А., Тихонов А.Ю.

Институт биофизики клетки РАН, г. Пущино

Ключевые слова: короткие tandemные повторы, SSR, Cyprinidae, рыбоводство

Короткие tandemные повторы ДНК (short sequence repeats, SSRs) представляют собой короткие участки нуклеотидной последовательности, которые повторяются от

нескольких до десятков и более раз. К ним относятся также различающиеся по числу тандемные повторы (Variable Number Tandem Repeats), которые могут иметь различную протяженность у близких организмов. Ранее было показано, что в кодирующих активно отбираемый в ходе селекции признак генах длина SSR может коррелировать (в том числе количественно) с выраженностью кодируемого признака [1]. При исследовании данного вопроса особый интерес представляют виды, подвергавшиеся длительному селекционному отбору по нескольким возможно более простым признакам (например, декоративность). Особенно удачным объектом может стать золотая рыбка (*Carassius auratus*), прошедшее многовековую племенную работу с целью выведения форм с определенной окраской и формой тела. В данной работе с целью исследовать SSR генома *C. auratus* проанализирован набор наибольших по длине участков повторов (свыше 60 п.о.) из базы данных FishMicrosat [2]. Для *C. auratus* таких повторов описано 14, хотя в геноме родственного дикого вида *Carassius carassius* SSR длиннее 58 п.о. отсутствуют. При анализе первичной структуры набора из 14 наиболее длинных повторов установлено их статистически значимое обеднение цитозином (C), не выявленные при рассмотрении полного набора SSR для данного вида. При этом GC-состав обеих совокупностей совпадает и примерно равен 0.4. Согласно поиску с помощью BLAST [3], среди рассмотренных содержащих SSR последовательностей значительная часть содержит последовательности с высокой степенью гомологии к ДНК *Cyprinus carpio* (сазан, карп обыкновенный), включая имеющие идентичность и покрытие, близкие к 100%. Две области являются точными копиями SSR-содержащих областей *Carassius gibelio* (серебряный карась), одна представляет собой результат непосредственного объединения участков ДНК из *Cyprinus carpio* и *Carassius gibelio*. В некоторых из таких последовательностей область наиболее протяженных тандемных повторов в геноме *C. auratus* содержит точные повторяющиеся единицы, в то время как их близкие гомологи у *C. gibelio* приобрели заметные изменения. Данный процесс может быть связан с активным отбором по кодируемым соответствующими генами признаками в случае *C. auratus*, но не *C. gibelio*. Все описанное соответствует сложной картине гибридизации представителей семейства Cyprinidae, для которых известно образование межвидовых гибридов, включая полиплоидные (вплоть до пентаплоидных) и образованные одновременно двумя или тремя видами из списка *Carassius auratus*, *Carassius carassius* и *Cyprinus carpio* [3].

Список литературы

1. Fondon J. W., Garner H. R. Molecular origins of rapid and continuous morphological evolution // PNAS. 2004. Vol. 101, no. 52. P. 18058–18063. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408118101>
2. Nagpure N. S., Rashid I., Pati R. et al. FishMicrosat: a microsatellite database of commercially important fishes and shellfishes of the Indian subcontinent // BMC Genomics. 2013. Vol. 14. Article no. 630. [10 p.]. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-630>
3. The National Center for Biotechnology Information [Electronic resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (accessed 31.05.19).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЕГЕТАТИВНЫЙ РОСТ И ПОЛОВОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ *TOXARIUM UNDULATUM* (BACILLARIOPHYTA)

Подунай Ю.А., Давидович О.И., Полякова С.Л., Давидович Н.А.

Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН,
Феодосия

Ключевые слова: диатомовые водоросли, *Toxarium undulatum*, жизненный цикл, половое воспроизведение, температура

Жизнь диатомовых водорослей, содержащихся в коллекциях культур, напрямую зависит от влияния абиотических факторов среды. Не только состав среды, но и соленость, температура, освещенность могут оказывать лимитирующее влияние на скорость вегетативного деления клеток диатомей и на возможность и интенсивность их полового воспроизведения. В процессе своей эволюции каждый вид получил возможность существовать в определенном диапазоне температур и световом периоде, поэтому иногда даже незначительный сдвиг данных параметров может привести к заметным изменениям состояния культур.

Toxarium undulatum Bailey (Bailey, 1954) - одна из крупнейших диатомей; ряд авторов относят его к полярным центрическим (Mediophyceae) [1-2]. Вид привлекает внимание не только с точки зрения своей таксономической позиции (в рамках классической таксономии (Round F.E. et al., 1990) вид относили к классу Fragilariophyceae), но и типом полового процесса, который в настоящее время не описан.

Нами было изучено влияние температуры и фотопериода на рост клеток и половое воспроизведение *T. undulatum* в культуре. Клоновые культуры клеток *T. undulatum* были изолированы микропипеточным методом из проб, отобранных в августе 2018 года у восточного берега оз. Донузлав (45°22'23" с.ш. и 33°05'40" в.д.) малой сетью Джеджи с диаметром входного отверстия 25 см и номинальным отверстием ячеей сита 74 мкм, а также из соскобов обрастаний с поверхности камней на глубине 20-50 см. Культуры содержали в 20 ‰ искусственной модифицированной среде ESAW [3]. Культивирование проводили в стеклянных чашках Петри диаметром 9 см, высотой 1,4 см при наполнении средой от 15 до 45 мл соответственно размеру чашки. Для экспериментов смешанные посевы репродуктивно совместимых клонов разливали в чашки Петри и ставили, при одинаковой для всех чашек падающей плотности светового потока в холодильники и бокс с температурами 12, 14, 20 °С. Освещение с фотопериодом 6:18 (6 часов света и 18 часов темноты) создавали люминесцентными лампами дневного света. Действие температуры на вегетативное размножение водоросли оценивали по скорости изменения численности клеток (темпу деления). Результаты полового воспроизведения оценивали на 3-5 день после скрещивания. На двадцати полях зрения подсчитывали количество вегетативных и генеративных клеток. К генеративным клеткам относили гаметы, зиготы, ауксоспоры и формирующиеся инициальные клетки. Одновременно ставили контроль при температуре 22 °С с фотопериодом 12:12.

По результатам исследования видно, что самый низкий темп деления - 0,10 делений/сут - показали клоны, содержащиеся при температуре 12 °С. При увеличении температуры содержания культур темп делений увеличивался до 0,16 и 0,40 делений/сут (при температуре 14 и 20 °С соответственно). Интенсивность деления клеток при температуре 20 °С совпала с таковой в контроле, находящимся в комнате с 22 °С, но световой день которого составил 12 часов, что в два раза превышало таковой в экспериментальном боксе. Половых клеток в экспериментальных чашках Петри не

обнаружено, тогда как в контроле шел активный процесс полового воспроизведения. Погибших клеток в смесях культур не обнаружено.

Таким образом, показано, что уменьшение температуры содержания клоновых культур *Toxarium undulatum* не только приводит к существенному уменьшению темпа делений клеток, но и снижает вероятность прохождения полового процесса. Уменьшение скорости роста культуры при низких температурах позволяет дольше сохранять клоны вида в лабораторных условиях, снижая таким образом и скорость уменьшения размеров клеток. Из полученных данных также можно сделать вывод, что для успешного прохождения полового процесса у *Toxarium undulatum* существенную роль играет не только температура, но и фотопериод, при котором содержатся культуры.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 19-04-00070_а "Изучение видоспецифичности эволюционного перехода от оогамии к неогамному половому воспроизведению у полярных центральных диатомей (Mediophyceae)".

Список литературы

1. Bailey J. W. Notes of new American species and localities of microscopical organisms // Smithsonian Contributions to Knowledge. 1855. Vol. 7. P. 1–16. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/100989#page/43/mode/1up> [accessed 30.06.2019].
2. Medlin L. K., Kaczmarek I. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision // Phycologia. 2004. Vol. 43, iss. 3. P. 245–270. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-43-3-245.1>
3. Полякова С. Л., Давидович О. И., Подунай Ю. А., Давидович Н. А. Модификация среды ESAW, используемой для культивирования морских диатомовых водорослей // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, № 2. С. 73–78. <https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.2.06>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ ВЕРХНЕЙ ОБИ (В ГРАНИЦАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ)

Романенко Г.А., Теряева И.Ю., Осипов С.А., Елизарьев Д.Г.

Алтайский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии»

Ключевые слова: река Обь, серебряный карась, промысел, паразитофауна, тяжелые металлы

Рыбохозяйственный водный фонд Алтайского края располагается в различных ландшафтно-географических зонах - от предгорной до степной, и включает в себя верховья Оби и материковые водоемы. Наибольшим ресурсным потенциалом отличается система реки Обь. В пределах Алтайского края ее русло имеет протяженность 458,0 км, проток и стариц - 1130,0 км. Площадь водосбора - 20,9 млн га [1]. Среди представителей ихтиофауны водных объектов региона серебряный карась *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) отмечается одним из наиболее распространенных представителей ихтиофауны [2]. В составе промысловых уловов из материковых озер этот вид стабильно занимает первое место - 55-70 %, в протоках и русле реки Обь - 7-10 %.

За последние 10 лет (2009-2018 гг.) средние уловы серебряного карася достигали 15,0 т, максимальный улов отмечен в 2018 году - 21,6 т. Численность карася в уловах в рассматриваемый период имела динамичный характер, периодически то снижаясь, то увеличиваясь. Поскольку карась относится к видам с порционным протеканием нереста, гидрологический режим реки Обь в весенний период оказывает незначительное влияние на величину пополнения промыслового запаса. При этом, в последние годы прослеживается тенденция к увеличению численности данного вида водного биоресурса (2012-2018 гг.). Освоение рекомендованного объема вылова ежегодно составляло более 90,0 %.

Динамика возрастного соотношения карася в составе промысловых уловов за последние 10 лет (с 2009 по 2018 гг.) носит волнообразный характер. Так в 2009 - 2010 гг. основу промыслового стада в уловах составляли шестилетние особи (5+), с 2011 по 2013 - четырехлетки (3+), с 2014 по 2017 гг. - пятилетки (4+), а в 2018 году - четырехлетние особи (3+). При этом, стабильное снижение доли в уловах наблюдается начиная с семилетнего возраста (6+). Анализ ретроспективных данных показал, что в промысловых уловах встречаются особи в возрасте от 2+ до 8+ лет. Средняя масса особей колеблется от 174,0 г в возрасте 2+ до 654,6 г в возрасте 8+. Ежегодный прирост массы тела в среднем составляет 80,1 г.

В результате анализа данных контрольных уловов серебряного карася реки Обь 2018 года установлено наличие шести возрастных групп (2+-7+). Основу промыслового стада составляют особи четырехлетнего возраста (35,6 %) со средней массой 308,0 г и промысловой длиной 209,9 мм. Доля рыб старших возрастных групп (6+, 7+) незначительна (4,8 %). Наиболее крупные восьмилетние экземпляры достигали массы 1500,0 г и промысловой длины 415,0 мм. Соотношение полов близко к 1:1 с небольшим преобладанием самок.

Исходя из величины промыслового изъятия, возрастного распределения уловов и дифференцированной индивидуальной массы рассчитана фактическая численность каждой возрастной группы и общая численность поколения (генерации) [3]. Общая величина численности выловленной части популяции карася колебалась от 9,12 (2011 г.) до 72,4 тыс. экз. (2018 г.). Расчетная численность карася Верхней Оби к 2020 г. составит 778,8 тыс. экз.

Паразитологические исследования серебряного карася проводились в вегетационный период 2018 г. на реке Обь в границах Первомайского района. Всего обнаружено 6 видов паразитов, в том числе: простейших - один (*Mухobolus sp.* - экстенсивность инвазии (ЭИ) 12,0 %, интенсивность инвазии (ИИ) 15-23, шт., индекс обилия (ИО) 32,75 шт./кг), цестод - один (*Proteocephalus sp.* - ЭИ 10,0, ИИ 3-7, ИО 8,67), трематод - два (*Ichthyocotylurus platycephalus* - ЭИ 50,0 ИИ 1-3, ИО 1,70; *Diplostomum sp.* - ЭИ 2,0, ИИ 0-2, ИО 2,06), нематод - один (*Contracaecum sp.* - ЭИ 2,0, ИИ 0-2, ИО 2,71) и пиявок - один вид паразитов (*Piscicola geometra* - ЭИ 5,0 %, ИИ 0-2 шт., ИО 1,57 шт./кг). Зараженность серебряного карася паразитами, опасными для человека, в первую очередь метацеркариями кошачьей двуустки *Opisthorchis felineus*, не отмечена.

Анализ содержания тяжелых металлов в тканях и органах серебряного карася, проведенный в аккредитованной испытательной лаборатории, показал содержание:

- As 0,017-0,077 мкг/г (ПДК 1,0 мкг/г);
- Hg 0,048-0,376 мкг/г (ПДК 0,5 мкг/г);
- Cd 0,0036-0,020 мкг/г (ПДК 0,2 мкг/г);
- Pb 0,056-0,21 мкг/г (ПДК 1,0 мкг/г).

Концентрация определявшихся металлов ниже или существенно ниже существующих в России допустимых остаточных концентраций (ДОК) этих элементов в свежих рыбопродуктах. Сравнительно высокая (но не выше ДОК) концентрация Hg -

0,376 мкг/г (при ПДК - 0,5) отмечена в тканях особей, выловленных в протоках р. Обь в границах Каменского района.

После введения санкций в 2014 году импорт рыбы в Россию сократился почти в 2 раза, и в рыбной промышленности стала реализовываться политика импортозамещения. В стране в целом, и в Алтайском крае в частности создаются условия для развития рыбохозяйственной отрасли - наращивание технического потенциала крупных и мелких предприятий-рыбозаготовителей и переработчиков, и введение в промысел ранее не используемых водных объектов. Серебряный карась реки Обь, отличающийся отсутствием опасных для человека паразитов и сравнительно низким содержанием тяжелых металлов, в совокупности с его высокой численностью, является одним из наиболее перспективных промысловых видов.

Список литературы

1. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / отв. ред. В. П. Соловов. Новосибирск : Наука, 1999. 285 с.
2. Романенко Г. А. Современное состояние карася в различных озерных системах Алтайского края // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2017. С. 106–111.
3. Матковский А. К. Алгоритмы метода «восстановленного запаса рыб» для изучения изменения промыслового запаса и прогнозирования общедопустимых уловов (ОДУ) на примере обского чира (*Coregonus nasus* (Pallas)) // Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб. Тюмень, 2001. С. 95–98.

ПРИМЕНИМОСТЬ ВИТАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ НИЛЬСКОГО КРАСНОГО ДЛЯ ЭКСПРЕСС ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В КЛЕТКАХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Соломонова Е.С., Железнова С.Н.

Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь

Ключевые слова: микроводоросли, проточная цитометрия, нильский красный, липиды

Методы определения содержания липидов в клетках водорослей отличается большой трудозатратностью и времяёмкостью. Традиционно для данной цели используют гравиметрический [1] и спектрофотометрический [2]. Появление современных методов, в частности метода проточной цитометрии в комбинации с различными витальными красителями даёт возможность быстрой и достаточно точной оценки липидного комплекса у микроводорослей. В таких исследованиях широко применяется флуоресцентный краситель Нильский красный (Nile Red) [3]. Данный краситель относится к так называемым флуоресцентным зондам, при добавлении его к липидосодержащим клеткам его молекулы связываются с липидами, а из параметров флуоресценции можно извлечь определенную информацию о структуре и функции данных биологических объектов. Однако, в литературе встречаются многочисленные протоколы окрашивания микроводорослей, согласно которым необходимо: а) строго контролировать добавляемую концентрацию NR в исследуемую пробу и б) подбирать необходимое время окрашивания для выбранного объекта исследования.

Цель настоящей работы заключалась в выборе оптимальных условий окраски Нильским красным для оценки липидного комплекса различных видов микроводорослей, а также сопоставление с традиционным методом оценки липидов.

Для построения калибровочной кривой использовали различные культуры микроводорослей, выращенные в различных условиях среды. Опыты ставили в 3 повторностях. Для цитометрического анализа из культивационных сосудов отбирали пробы объемом 3 мл.

Для определения относительного содержания липидов в клетках микроводорослей использовали флуоресцентный краситель нильский красный (Nile Red, максимумы возбуждения и эмиссии, соответственно, 488 и 640 нм, канал FL2). Рабочий раствор красителя готовили в диметилсульфоксиде (DMSO) (конечная концентрация 0.1 мг мл⁻¹) и хранили при +4°C в замороженном состоянии (температура плавления DMSO +18,5°C).

Содержание общих липидов исследуемых видов водорослей определяли колориметрическим сульфосфо-ванилиновым методом в модификации [1, 2]. Время сжигания пробы составило 20 мин. После добавления фосфо-ванилинового реактива и развития окраски определяли оптическую плотность проб на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны 530 нм по стандартной формуле [1, 2].

В ходе эксперимента подбирали оптимальное время окрашивания и оптимальную концентрацию рабочего раствора нильского красного для окраски липидного комплекса микроводорослей. Для выбора оптимальной концентрации красителя использовали различные вариации концентраций от 3 до 50 мкл мл⁻¹. Для выбора оптимального времени проводили тестовые окраски от 1 до 20 мин. Показано, что после 7 минут окрашивания характер флуоресценции водорослей менялся незначительно. При продолжительности окраски более 20 мин флуоресценция FL2 оказывалась завышенной, вероятно, за счёт неспецифических свойств самого красителя. Оптимальное время окрашивания составило около 10 мин, поскольку при этом достигалась максимальная интенсивность окраски клеток и её наименьшая вариабельность. Оптимальная концентрация рабочего раствора Nile Red составила 20 мкл на 1 мл культуры. Следует отметить, что флуоресценция FL2 при добавлении свыше 25 мкл рабочего раствора возрастала незначительно.

Показана достоверная положительная корреляция между содержанием липидов в клетках водорослей, которое было рассчитано традиционным спектрофотометрическим методом и интенсивностью флуоресценции нильского красного (канал FL2), R²=0.98.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-34-00672

Список литературы

1. Wawrik B., Harriman B. H. Rapid, colorimetric quantification of lipid from algal cultures // J. Microbiol. Meth. 80. № 3. 2010. P. 262–266.
2. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры / Под ред. А. И. Агатовой. Москва: ВНИРО, 2004.
3. Cooksey K. E. Guckert J. B., Williams S. A., Callis P. R. Fluorometric determination of the neutral lipid content of microalgal cells using Nile Red // J. Microbiol. Meth. 6. №. 6. 1987. P. 333–345.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЫСТРОГО РОСТА РЫБ В УСЛОВИЯХ ПРЭСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Шило Е.И.

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, поселок Майский

Ключевые слова: морфология животных, ихтиология, мышечная ткань, качество мяса, онтогенез, ускоренный рост, управление ростом животных

Проблема роста - одна из центральных проблем биологии. Рост тела животного, как биологической системы, задается наследственностью и определяется возрастными изменениями животного под влиянием условий среды, которые не вызывают рост, но могут его модулировать. Рост является проявлением развития животного, которое сопровождается возрастными морфологическими, физиологическими и биохимическими изменениями.

Изучение закономерностей роста позволяет решить ряд не только общетеоретических, но и практических вопросов, лежащих в основе регенерации органов и тканей, нормального и патологического роста, управления ростом. Увеличение спроса на качественную мясную продукцию определяет исследование факторов, влияющих на продуктивные качества животных как вектор научных исследований [2].

Регуляция процессов роста заключается в формировании конституциональных особенностей организма, определении темпов роста, возможном его пределе. В ихтиологии существуют методы, позволяющие направленно изменять некоторые свойства рыб, в том числе физиологические: гибридизация и селекция, гиногенез, полиплоидизация, инверсия пола, трансгенез и др. с целью ускорения роста рыб.

Получение высококачественного рыбного сырья (мышечной ткани) при наименьших затратах возможно различными путями. Во-первых, выведение пород рыб с высокой скороспелостью по типу бройлерного птицеводства. Во-вторых, повышение иммунного статуса животных путем использования антиоксидантов, витаминов, микроэлементов, кормовых добавок и пробиотиков. В-третьих, гормональная стимуляция ускоренного роста. Важной особенностью рыб следует считать большую продолжительность роста, что позволяет повышать скорость роста путем кормления и селекции. Высокая скороспелость встречается во всех без исключения группах рыб на начальном этапе постнатального онтогенеза, поэтому исследования в основном направлены на изучение факторов ускоренного роста сеголеток и двухлеток.

Результаты выращивания рыб в природных водоемах, содержат сведения по различным аспектам их роста. Морфологическая изменчивость в онтогенезе рыб возникает в первую очередь под действием периодически изменяющихся факторов среды, в значительной степени определяющих морфо-физиологическую разнокачественность рыбы. Под действием температуры в наименьшей степени изменяются анатомические структуры, несущие максимальную функциональную нагрузку [1]. У представителей некоторых видов рыб выявлены фенокритические интервалы раннего онтогенеза, на протяжении которых определяется морфологическая разнокачественность потомства. Установлено, что скорость роста на ранних стадиях развития рыб, являясь важным показателем жизнедеятельности организма, может изменяться, описаны критические периоды замедленного роста и высокой интенсивности дыхания [3].

Исследование роста карповых рыб (2015-2018) проведенное на базе ОАО «Новооскольский зональный рыбоводпитомник», Новооскольского района, ЗАО рыбхоз «Борисовский»; Борисовского района Белгородской области, показало, что качество

мяса рыб зависит от технологии выращивания. Сеголетки карповых обладают высоким адаптивным потенциалом, но в условиях двух-и трехлетней технологии рост их мышечной массы происходит по-разному. В условиях двухлетнего (интенсивного) выращивания увеличение массы карповых происходит равномерно. В условиях трехлетнего выращивания в ответ на менее благоприятные пищевые условия, вызванные повышенной плотностью посадки, обедненным кормом у рыб в возрасте 30-135 суток наблюдается задержка роста: в октябре сеголетки карпа в условиях трехлетнего выращивания отставали в росте от сеголеток в условиях трехлетнего выращивания по показателям массы в 16 раз. Устранение стрессирующих рыбу пищевых факторов провоцирует последующий компенсаторный рост, вызванный активным ростом и делением мышечных волокон. Известно, что вкусовые и питательные качества мяса рыбы зависят от соотношения мышечной и соединительной ткани, которое изменяется в связи с физиологическими особенностями организма и факторами внешней среды [2]. В зависимости от технологии выращивания у карповых рыб выявлена асинхронность структурного формирования мышечной ткани, выражающаяся в степени развития мышечных пучков, соединительной ткани и диаметров мышечных волокон, определяющих товарные качества рыбы [2,3]. Интенсивная технология выращивания, как рыбы, так и мясного скота, является наиболее рациональной и менее затратной. Для домашних животных отмечено, что если рост организма перегоняет его хронологический возраст, то начинают действовать процессы, подавляющие ассимиляцию; синтез веществ. Наиболее сильное влияние на мясные качества животных повышение скорости роста оказывает на заключительном этапе откорма [1]. Компенсаторный, ускоренный рост рыбы, как и других животных, ведет к увеличению относительного содержания жировой и уменьшению мышечной ткани в теле [3].

На настоящем этапе развития научного знания решение проблемы ускоренного роста животных продолжает оставаться актуальным. Так как повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, получение от них высококачественного мяса остается актуальной задачей производства, данное обстоятельство определяет вектор научных исследований не только в области животноводства, но и в области аквакультуры: выявление факторов, определяющих нормальный и ускоренный рост; способы и механизмы повышения скорости роста в производственных условиях; управление ростом, программируемый рост.

Список литературы

1. Кабанов В. Д. Интенсивное производство свинины. Москва, 2003. 430 с.
2. Slesarenko N. A., Shilo E., Abramov P. Morphological Indicators of Skeletal Muscles in Carp in Case of the Use of Quickened Growth Technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, iss. 2. P. 938–942.
3. Шило Е. И. Рост и развитие скелетной мускулатуры карповых рыб в постнатальном онтогенезе : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.02.01 / Шило Елена Ивановна. Белгород, 2016. 124 с.

БИОФИЗИКА И ХИМИЯ МОРЯ

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КРЫМСКОГО ШЕЛЬФА

Гуров К.И.¹, Куринная Ю.С.², Котельянец Е.А.¹

¹Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь

²Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: донные отложения, тяжелые металлы, гранулометрический состав, Черное море

Известно, что прибрежные районы являются местом активной антропогенной деятельности, которая приводит к изменению естественных скоростей протекания геохимических процессов и способствует повышению уровня загрязнения донных отложений. Мониторинг содержания в донных осадках загрязняющих веществ и тяжелых металлов очень актуален для прибрежных районов Черного моря, и особенно районов Крымского полуострова, известных своей курортной привлекательностью.

Известно, что одним из основных факторов, определяющих процессы накопления и удержания загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов является гранулометрический состав [1]. С гранулометрическим составом связана способность осадков к механическому поглощению взвеси и некоторых коллоидных структур [2]. Учитывая то, что наиболее важным фактором, определяющим особенности накопления тяжелых металлов, является гранулометрический состав, изучение корреляционных связей между отдельными фракциями донных отложений и повышенными концентрациями тяжелых металлов - важная задача общего мониторинга береговых экосистем.

Целью данной работы является изучить пространственно-временные особенности накопления и распределения тяжелых металлов в поверхностном слое донных отложений прибрежных районов Крымского п-ова. Провести анализ интенсивности накопления различных загрязняющих микроэлементов путем сравнения с фоновыми значениями и средними концентрациями характерными для различных типов донных отложений.

Материалами для данной работы послужили результаты анализа проб, отобранных в рамках 103 рейса НИС «Профессор Водяницкий» в сентябре 2018 г. на участке шельфа Крымского п-ов от м. Тарханкут до Керченского пролива. Точки обора проб располагались в пределах 12 мильной зоны, поэтому в целом большая часть проб представлена мелкодисперсными пелито-алевритовыми илами. Отличительной особенностью гранулометрического состава отмечаются пробы, отобранные вблизи м. Тарханкут, в прибрежной зоне бухты Ласпи и на участке Керченского предпроливья. Здесь отложения представлены гравийно-песчаными фракциями с незначительным включением мелкозернистого материала.

Для определения валового содержания тяжелых металлов применялся метод рентгенфлуоресцентного анализа. Используемая для анализа методика была разработана в ООО «Научно-производственном объединении «СПЕКТРОН» и аттестована на федеральном уровне.

Анализ особенностей пространственного распределения концентраций исследуемых элементов позволил выделить несколько районов с максимальным содержанием тяжелых металлов. Отмечено, что такие элементы как Mn, Cu, Pb, Ni преобладают на

участке от Севастополя до м. Тарханкут, распределение Fe и Zn в зоне шельфа однородно, максимальные концентрации V отмечаются на участке Южного берега Крыма от Ялты до Феодосии, а Cr - в донных отложениях Феодосийского залива. Повсеместно отмечено, что максимальные концентрации исследуемых элементов тяготеют к распределению илистого материала, для района Керченского предпроливья, где преобладают гравийно-песчаные отложения, содержание всех тяжелых металлов минимально. Максимальные положительные величины корреляций с илистой фракцией отмечены для Ni (0,72) и Zn (0,73).

Установлено, что превышение фоновых концентраций, характерных для различных типов донных отложений шельфовой зоны, полученных в работе [3], отмечается только для Fe и Cr, такие элементы как V, Zn, Pb превышают средние концентрации незначительно, для Mn, Cu, Ni превышение фоновых значений отмечается на отдельных станциях.

Работа выполнена в рамках гос. задания по темам № 0827-2019-0004 и № 0555-2019-0001, а также при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-05-80028 «Опасные явления».

Список литературы

1. Гуров К. И., Овсяный Е. И., Котельянец Е. А., Коновалов С. К. Геохимические характеристики донных отложений акватории Каламитского залива Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 5. С. 69–80.
2. Емельянов В. А., Митропольский А. Ю., Наседкин Е. И. Геоэкология черноморского шельфа Украины. Киев : Академперіодика, 2004. 296 с.
3. Митропольский А. Ю., Безбородов А. А., Овсяный Е. И. Геохимия Черного моря. Киев : Наукова думка, 1982. 144 с.

СУБМАРИННАЯ РАЗГРУЗКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД - ИСТОЧНИК БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ГРАНИЦЕ СУША-ОКЕАН

Довгий И.И.¹, Козловская О.Н.¹, Чепыженко А.И.¹, Товарчий Я.Ю.², Шибецкая Ю.Г.²,
Вертерич А.В.³, Чайкин Д.Ю.⁴

¹Морской гидрофизический институт РАН, г Севастополь
²Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
³ГБОУ СОШ №15, г. Севастополь
⁴ГБОУ «ОЦ СПЛ», г. Севастополь

Ключевые слова: субмаринная разгрузка подземных вод, биогенные элементы, мыс Айя

Изучение субмаринных подземных источников давно привлекает внимание ученых [1]. Это обусловлено как теоретическим интересом, в ряде регионов субмаринная разгрузка подземных вод (СРПВ) является основным источником биогенных элементов [2], так и прикладным значением, поскольку субмаринные подземные воды карстового происхождения используются в качестве источника пресной воды [3]. СРПВ в районе м. Айя [4].

Нами были выполнены экспедиции в район м. Айя для изучения гидрологических (распределения солености, температуры), гидрохимических (распределения фосфатов, силикатов, нитратов, нитритов, аммония) и радиохимических (распределения изотопов ²²⁶Ra, ²²⁸Ra) особенностей СРПВ. По результатам измерений в весенний период (24 марта 2019 г.) показан значительный градиент концентраций биогенных элементов в поверхностном слое. В результате полученных натуральных данных показано, что

значения концентрации растворенной кремневой кислоты в поверхностном слое изменяются в пределах 3-38,9 мкмоль/л, растворенного неорганического фосфора в пределах 0,11-0,23 мкмоль/л, нитратов - 0,02-16,97 мкмоль/л, нитритов - 0,01-0,39, аммония - 0,01-0,68 мкмоль/л. Повышенные значения наблюдались у проб, отобранных в карстовой полости (Екатерининский грот).

Исследование выполнено при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта №18-33-50001 (конкурс «Наставник»), а также в рамках государственного задания ФАНО Российской Федерации (тема «Океанологические процессы» № 0827-2019-0003).

Список литературы

1. Taniguchi M., Burnett W. C., Cable J. E., Turner J. V. Investigation of submarine groundwater discharge // Hydrological Processes. 2002. Vol. 16, iss. 11. P. 2115–2129. <https://doi.org/10.1002/hyp.1145>
2. Rodellas V., Garcia-Orellana J., Masque P., Feldman M., Weinstein Y. Submarine groundwater discharge as a major source of nutrients to the Mediterranean Sea // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2015. Vol. 112, no. 13. P. 3926–3930. <https://doi.org/10.1073/pnas.1419049112>
3. MARINE TECH. Water Production. [Electronic resource]. URL: www.marinetech.fr/Water-production#a340 [accessed 30.06.2019].
4. Кондратьев С. И., Прусов А. В., Юровский Ю. Г. Наблюдения субмаринной разгрузки подземных вод (Южный берег Крыма) // Морской гидрофизический журнал. 2010. № 1. С. 32–45.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТЛОЖЕНИЙ ПЛЯЖНОЙ ЗОНЫ КАРАДАГСКОГО БЕРЕГОВОГО УЧАСТКА

Дрыгваль А.В.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: галечниковый пляж, пляжные наносы, Карадагский заповедник, гранулометрический анализ

Береговая зона является наиболее активной и динамичной зоной контакта моря, суши и атмосферы. Именно в природоохранных территориях морская береговая зона проявляет свою типичность и уникальность при различных природных условиях. В связи с этим, четко прослеживается необходимость проведения оценки береговой зоны для установления природных особенностей функционирования этой территории и понимания связи всех протекающих в ней процессов.

Пляжные наносы являются очень важным элементом в формировании внешнего облика и в литодинамике прибрежной зоны, поэтому необходимо дать их полную и точную характеристику. Береговые наносы - это частицы тех размеров, которые способны перемещаться под влиянием колебаний волн, и располагающиеся по закономерному профилю, который отражает энергию волновых колебаний. Частицы наносов по крупности делятся на ряд фракций по ГОСТу 25100-2011. «Грунты. Классификация» [1]. Пляжная зона является защитной полосой, уменьшающей воздействие абразии, т.е. разрушающей волно-прибойной деятельности моря на основной берег.

Исследуемый береговой участок располагается на береговой линии Судакско-Карадагского низкогорья [3], большей частью в пределах Берегового хребта. Со стороны моря сложнопостроенная береговая зона подвергается воздействию абразии.

В рамках исследования было проведено исследование гранулометрического состава наносов 19 поперечных профилей пляжных зон в 15 бухтах заповедника. Галечниковый и валунный материал пляжа представлен базальтами, андезито-базальтовыми лавами, туфами, другими вулканогенными породами, песчаниками, различной степени изменения. Песчаные частицы образованы путем размыва более податливых пород (глинистые сланцы, мергели, флиш).

В пляжных зонах 15-ти бухт Карадагского берегового участка наносы исследовались на их гранулометрический состав. Во всех бухтах проводился анализ в одном поперечном профиле, проведенном в самой широкой части пляжа. Однако, в связи с развитием протяженной пляжной зоны, количество поперечных профилей в Карадагской и Коктебельской бухтах составило 2 и 4 соответственно. В каждом профиле пробы твердого материала наносов отбирались в точках, охватывающих характерные морфологические части пляжа: зону наката волн, береговые валы, центральную часть пляжа и зону у подножия прислоненного склона. После ситового анализа пробы, разделенный по фракциям материал взвешивался, и на основании полученных результатов составлялась фракционная характеристика пробы. Оценка полученных данных проведена согласно действующему ГОСТу [1]. Выполнен двенадцатифракционный анализ.

Вдоль всего берега Карадагского заповедника у подножия прислоненного склона в составе пляжных наносов преобладают средняя и мелкая галька. По направлению с юго-запада на северо-восток материал наносов имеет тенденцию к уменьшению крупности от крупной гальки до крупного песка. В северо-восточной части берега есть сильно размываемый клиф, сложенный податливыми породами, которые представлены глинами и аргиллитами с прослоями алевролитов [2]. Пляж здесь самый узкий среди всех рассматриваемых пляжных зон берега, что позволяет волноприбойному процессу быстрее размывать коренной берег. Наблюдается локальное резкое уменьшение крупности наносов в Карадагской бухте (восточная сторона), из-за накопления мелкофракционного материала осыпи, находящейся на прислоненном склоне.

В центре пляжной зоны вдоль берега преобладает галька (крупная, средняя и мелкая), за исключением некоторых бухт. В бухте у ск. Кузьмичев камень в центре пляжа наносы состоят в основном из грубого песка. По направлению к северо-востоку берега наблюдается резкое увеличение размера материала наносов до мелких и средних валунов (бухта у мыса Мальчин, Коктебельская бухта, профиль 2). Именно здесь наблюдаются обвальные процессы, способствующие накоплению терригенных обломков. В двух крайних северо-восточных поперечных профилях пляжа Коктебельской бухты преобладающая фракция наносов уменьшается до крупного гравия и мелкого песка. Причиной этому может быть влияние волно-прибойного процесса на более податливые породы коренного берега с активно размываемым клифом.

1-й береговой вал вдоль всего берега состоит из гальки (крупной, средней и мелкой), кроме Южной Сердоликовой бухты, где его наносы представлены мелким гравием. Отмечается, что береговые валы образуются не во всех бухтах - в северо-восточной части берега их нет. Причиной этому может являться уменьшение силы волн, действующих на литодинамическую систему пляжных зон. Находящиеся рядом мысы, представленные крупными глыбами, гасят силы штормовых волнений, уменьшая воздействие волно-прибойного процесса на пляж. Таким образом, силы волн действующих на эту часть берега недостаточно для образования береговых валов.

Пляжные наносы в зоне наката волн вдоль всего берега представляют среднюю и мелкую гальку, за исключением некоторых бухт. Локально в бухте Пуццолановой размер частиц наносов уменьшается до мелкого гравия. В северо-восточной части берега в этой зоне присутствуют средние валуны, что связано с активной обвальностью на участках изучаемых поперечных профилей. Два крайних поперечных профиля в северо-восточной части Карадагского берега, заложенных в пляжной зоне Коктебельской бухты, отличаются преобладанием в зоне наката волн крупного гравия и песка. Пляж в этой части берега самый узкий, что позволяет волно-прибойному процессу активно размывать коренной берег, сложенный податливыми породами.

Анализ гранулометрического состава пляжевых наносов позволяет установить ряд закономерностей их распределения как вдоль всей береговой линии, так и относительно различных морфологических частей пляжных зон Карадагского берега. Материал в наносах пляжа под действием волно-прибойного процесса дифференцируется разнородно. Уменьшение фракционного состава в северо-восточной части берега объясняется более податливыми породами и активно размываемым клифом. Укрупнение наносов происходит от локального поступления терригенного материала и наблюдается на участках берега сложенных более прочными породами, а также где воздействие волнения ограничено.

Работа выполнена в рамках НИР "Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий (Регистрационный номер: АААА-А19-119061-190081-9).

Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2011 г. N39 : введен взамен ГОСТ25100-95. 2 : дата введения 2013-01-01 / подготовлен Национальным объединением изыскателей, НИИОСП им. Н. М. Герсеванова и др. Москва : Стандартинформ, 2011. 62 с.
2. Ветрова Н. М., Иваненко Т. А. О подходах к исследованию экологических проблем прибрежных территорий // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 5. С. 104–112.
3. Клюкин А. А. Экзогеодинамика Крыма. Симферополь : Таврия, 2007. 320 с.

ОТРАЖЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОСИСТЕМ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ: ПРИМЕР БЕРИНГОВА МОРЯ

Кивва К.К.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва

Ключевые слова: морские экосистемы, «моршафт», районирование, растворённый кислород, биогенные элементы, кластерный анализ, сезонная динамика.

Мировой океан можно рассматривать как совокупность иерархически организованных экосистем различного масштаба. В последние несколько лет активно развивается концепция «моршафта» (англ. seascape) – морского или океанического аналога наземного ландшафта, элементарной структурной единицы морских и океанических геосистем. При этом в мелководных областях Мирового океана такие

«моршафты» обладают существенным сходством со своими наземными аналогами: они закреплены в пространстве, обычно им свойственно постоянство в масштабе десятилетий. В глубоких районах океана «моршафты» принципиально отличаются от наземных ландшафтов: они имеют большие характерные размеры, их границы находятся в постоянном движении, а свойства год от года могут значительно меняться [1]. Поэтому их сложнее определить, охарактеризовать и, соответственно, выделить. Концепция «моршафта» глубокого океана пока ещё находится на начальной стадии разработки, вызывает научные споры и дискуссии [2].

Задача выделения «моршафтов» в океане, по сути, сводится к задаче районирования акваторий таким образом, чтобы результат отражал взаимную организацию живой и неживой природы на масштабе порядка характерного размера «моршафта». Решение такой задачи существенно продвинуло бы вперёд ряд научных дисциплин (морскую эволюционную биологию, морскую биоценологию и др.), дало бы объективные основания для обобщения накопленных научных данных и планирования экосистемных исследований, а также позволило бы усовершенствовать систему управления морскими промыслами.

Как и ландшафты на суше, в океане «моршафты» формируются в тесной связи с условиями среды. Особенности полей температуры и солёности, ледового режима, скорости течений, приливное, ветровое и конвективное перемешивание, поток вещества на границе океан-атмосфера служат главными факторами формирования облика «природных акваториальных комплексов». Особенности протекания физических процессов на акватории также во многом определяют пространственное распределение химических субстанций, однако заметную роль в формировании полей химических параметров также играет жизнедеятельность организмов. Распределение живых организмов низших трофических уровней в море напрямую зависит и от физических, и от химических свойств среды. К наиболее часто измеряемым химическим параметрам морской среды относятся минеральные формы основных биогенных элементов и растворённый кислород. Взаимное распределение концентраций этих параметров в пределах какой-либо акватории отражает совокупное действие физических, биологических и биохимических (продукционно-деструкционных) процессов. Можно сказать, что основные черты гидролого-гидрохимической структуры акватории одновременно формируют биотоп и отражают особенности биоценоза акватории. Поэтому информация о них может быть использована для выделения «моршафтов». В данной работе приводится разделение морской акватории на «моршафты» на основе данных о среднем многолетнем распределении температуры, растворённого кислорода и минеральных форм основных биогенных элементов (МБ) на примере Берингова моря. Исследование отталкивается от результатов предыдущей работы [3].

В основу исследования положена методология, изложенная в [3]. В общую базу данных (БД) собрана информация из российских (ФГБНУ «ВНИРО», ФГБНУ «ТИНРО-Центр» – ныне Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО») и зарубежных источников (World Ocean Database, данные проектов BEST-BSIERP и BASIS, Японского агентства по морским наукам и технологиям JAMSTEC). Выполнена проверка БД на наличие заведомо ошибочных значений. Рассчитан недостаток/избыток растворённого кислорода относительно растворимости. Этот параметр более полно, чем концентрация растворённого кислорода, характеризует баланс продукционно-деструкционных процессов. Для каждой станции значения параметров линейно интерполированы на горизонты от 2,5 до 47,5 м с шагом 5 м. В отличие от работы [3], данные распределены в гексогональные равноплощадные ячейки. Разделение акватории на ячейки (мощение) получено с использованием пакета dggridR. Для получения более детальной картины выбраны ячейки с относительно малым характерным размером (порядка 50 км), что потребовало дополнительного пространственного сглаживания данных для заполнения

ячеек. Сглаживание выполнено с взвешиванием значений по расстоянию от центра ячейки в радиусе 100 км. Для каждой ячейки рассчитано среднее многолетнее значение каждого параметра для каждого горизонта. Данные стандартизованы. Проанализированы различные варианты группировки ячеек с использованием ряда методов кластерного анализа: Ворда, полной связи, k-средних, DBSCAN. В качестве меры сходства/различия групп использовано евклидово расстояние.

Показано, что в пределах исследуемой акватории выделяются 3-8 кластеров, средняя многолетняя сезонная динамика вертикального распределения физических (температура, солёность) и химических параметров (дефицит/избыток растворённого кислорода, концентрации минеральных форм основных биогенных элементов) в которых заметно отличается. Отличия наблюдаются как в сроках наступления событий (например, формирование устойчивой стратификации и последующее резкое снижение концентраций МБ, отражающее «цветение» фитопланктона), так и в характере изменений. В шельфовых районах моря к середине-концу лета наблюдаются близкие к нулю концентрации минерального азота или кремния (в зависимости от района). В глубоководных районах моря концентрации МБ не достигают близких к нулю значений в течение всего года. Высказано предположение о различных условиях ограничения (лимитации) первичной продукции и различиях сообщества фитопланктона в указанных районах. Если данное предположение верно, то соседние районы моря могут существенно отличаться по характеру обмена веществом и энергией между пелагической и донной частями экосистемы. Подтверждение предположения требует дополнительных исследований. Отдельного внимания заслуживает задача оценки многолетней изменчивости выделенных «моршафтов».

Список литературы

1. Kavanaugh M. T., Hales B., Saraceno M., Spitz Y. H., White A. E., Letelier R. M. Hierarchical and dynamic seascapes: A quantitative framework for scaling pelagic biogeochemistry and ecology // *Progress in Oceanography*. 2014. Т. 120. С. 291–304.
2. Bell S. S., Furman, B. T. Seascapes are landscapes after all; Comment on Manderson (2016): Seascapes are not landscapes: an analysis performed using Bernhard Riemann's rules // *ICES Journal of Marine Science*. 2017. Т. 74(8). С. 2276–2279.
3. Кивва К. К. Выделение экологических районов в Беринговом море на основе океанологических данных // *Труды ВНИРО*. 2016. Т. 164. С. 62–74.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{90}Sr В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ОЗЕРАХ ЕВПАТОРИЙСКОЙ ГРУППЫ

Кравченко Н.В., Мирзоева Н.Ю., Архипова С.И.

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: ^{90}Sr , солёные озера Крыма, вода, донные отложения

Радиоактивное загрязнение территории Крымского полуострова долгоживущими радионуклидами является следствием развития ядерной энергетики, испытаний ядерного оружия, а также аварии на ЧАЭС. На поверхность территории Крыма и Чёрного моря в мае 1986 г. выпало 0,3 ПБк ^{90}Sr . Актуальность проведения радиоэкологических исследований обусловлена миграцией радионуклидов к Черному морю по системе днепровских водохранилищ из 30-км зоны загрязнённых территорий ЧАЭС до 2014 г. [1, 3]. В 2013 г. были проведены первые исследования по определению содержания послеварийного ^{90}Sr в воде гиперсолёных озёр Крыма Перекопской

группы, которые показали существенные различия концентраций данного радионуклида в исследуемых объектах.

Данная работа выполнялась по материалам отбора проб в экспедициях 2016 - 2018 гг. Объектами исследования были озера Евпаторийской группы: оз. Сасык-Сиваш (S поверхности = 1064 км², соленость 280-330 ‰) и оз. Кызыл-Яр (S поверхности = 8 км², соленость 1,5-7 ‰). Водоемы имеют морское происхождение, находятся друг от друга на расстоянии приблизительно 30 км, отделены от Черного моря песчано-гравистыми пересыпями с примесью битой ракушки. Протяженность пересыпи достигает 13 км, ширина которой изменяется от 0,17 км - оз. Кызыл-Яр, до 1,6 км - оз. Сасык-Сиваш [2]. В озеро Кызыл-Яр до 2014 г. по сбросному каналу от Северо-Крымского канала (СКК) поступали днепровские воды, служащие хроническим источником вторичного поступления растворенного ⁹⁰Sr [3].

Целью исследования было выявление особенностей распределения ⁹⁰Sr в водных экосистемах соленых озер Крыма Евпаторийской группы при сравнительном анализе концентраций данного радионуклида в абиотических компонентах водных экосистем озер Крыма, относящихся к одной группе, но резко отличающихся по уровням солености среды.

Представленные результаты исследований являются актуальными, так как восполняют пробел в изучении тенденций распределения концентраций ⁹⁰Sr в абиотических компонентах соленых озер Крыма.

Получено, что в воде озера Сасык-Сиваш, максимальное значение удельной активности ⁹⁰Sr было равно 0,05 Бк/л в пробах, взятых в летний период в 2017 г. В воде озера Кызыл-Яр максимальным значением является 0,01 Бк/л (отбор проб произведен летом 2018 г.). Концентрация ⁹⁰Sr в озере Сасык-Сиваш в 5 раз превышала таковую для воды Черного моря, определяемую в этот же период. Содержание ⁹⁰Sr в воде озера Кызыл-Яр была такого же значения, как и среднее содержание этого радионуклида в воде Черного моря.

Для исследования содержания ⁹⁰Sr в донных отложениях соленых озер отбирались колонки грунтов длиной 0-27 см из озера Сасык-Сиваш и 0-37 см из озера Кызыл-Яр. Максимальные концентрации ⁹⁰Sr в донных отложениях исследуемых озер отмечены на глубине 2-3 см для озера Сасык-Сиваш и 31-32 см - для озера Кызыл-Яр. Они составили 89,7 Бк/кг и 175,8 Бк/кг, соответственно, и, по сравнению с максимальным значением содержания ⁹⁰Sr, определенным в донных отложениях Черного моря, были в 1,7 раза ниже для озера Сасык-Сиваш и в 1,2 раза выше для озера Кызыл-Яр. Такое различие в распределении ⁹⁰Sr по компонентам экосистем в исследуемых объектах зависит, прежде всего, от источников поступления этого радионуклида, гидрохимических особенностей и биогеохимических процессов, происходящих в этих водоемах [3].

Выявлена зависимость концентрации ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях исследуемых объектов от солености среды. Это объясняется тем, что хлориды щелочных металлов, в том числе NaCl (содержание в рапе соленых озер свыше 70 % в общей сумме солей), способствуют растворимости стронциевых солей [2].

В связи с этим, из полученных нами результатов следует, что уровень солености водной среды влияет на «удержание» и на распределение ⁹⁰Sr в водной толще изучаемых соленых озер Крыма.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00007.

Список литературы

1. Mirzoyeva N., Gulina L., Gulin S., Plotitsina O., Stetsuk A., Arkhipova S., Korkishko N., Eremin O. Radionuclides and mercury in the salt lakes of the Crimea // Chinese

- Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, iss. 6. P. 1413–1425. <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4374-5>
2. Понизовский. А. М. Соляные ресурсы Крыма. Симферополь : Крым, 1965. 164 с.
 3. Mirzoyeva N. Yu., Arkhipova S. I., Kravchenko N. V. Sources of inflow and nature of redistribution of ^{90}Sr in the salt lakes of the Crimea // Journal of Environmental Radioactivity. 2018. Vol. 188. P. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.10.018>

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЛЕТНИХ И ЗИМНИХ ЦВЕТЕНИЙ КОККОЛИТОФОРИД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРЕННОЙ ОРГАНИКИ В ЧЕРНОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ БИО-АРГО

Кубряков А.А., Микаэлян А.С., Кубрякова Е.А.

Морской Гидрофизический Институт РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: кокколитофориды, спутниковые измерения, буи Био-Арго, растворенная органика

В настоящей работе на основе спутниковых оптических измерений и данных буев БиоАрго изучается изменчивость пространственной и вертикальной структуры цветения кокколитофорид. Анализ показывает, что сезонная изменчивость цветения кокколитофорид в Черном море имеет бимодальное распределение с двумя пиками в мае-июне (летнее цветение) и в декабре-январе (зимнее цветение). При этом периодически после сильных штормов (например, после квази-тропического циклона в 2005 г мощные цветения могут наблюдаться в южной части моря и в осенний период (сентябрь-ноябрь). Летнее цветение кокколитофорид наблюдается в верхнем перемешанном слое и в сезонном термоклине, занимая верхний 20-30-метровый слой. В июне-июле нижняя граница пика максимума обратного рассеяния начинает заглубляться. Положение нижней границы зоны высокого рассеяния совпадает с положением изопикны 1014 кг/м^3 , которая опускается из-за прогрева верхних слоев. В июле-августе пик достигает глубины 30-35 м после чего резко пропадает. В это же время на этих глубинах наблюдается значительное увеличение коэффициент поглощения света в коротковолновом диапазоне, свидетельствующий о выбросе большого количества растворенного органического вещества (РОВ). В августе данные о поглощении света фиксируют максимальный сезонный пик РОВ на глубинах 15-25 м. Возможной причиной прекращения цветения и выброса РОВ является вирусный лизис, который способствуют резкой смертностью клеток.

Второй пик обратного рассеяния, связанный с зимним цветением кокколитофорид, наблюдается во всем ВКС, охватывая верхний 0-50 метровый слой. Зимнее цветение наблюдается с ноября по март, достигая максимума в январе. В некоторые годы, например, в январе 2005, 2012 цветения по спутниковым данным охватывали всю центральную часть моря, а в некоторые наблюдались лишь локально в южной или восточной части моря. В отличие от летнего цветения, выброса РОВ после зимнего цветения не наблюдается. Максимальные значения РОВ в холодный период года наблюдаются в начале цветения - в октябре-ноябре, одновременно с достижением ВКС подповерхностного максимума хлорофилла А. Быстрое изменение условий во время резкого заглубления ВКС и вовлечения подповерхностного планктона в верхний слой может в этом случае быть причиной выброса растворенной органики.

Исследование сезонной эволюции цветения кокколитофорид поддержано грантом РФФ 19-77-10019, определение межгодовой изменчивости цветения кокколитофорид и выделение аномальных ситуаций выполнено при поддержке гранта РФФИ 17-05-41102 РГО_а, разработка методов оценки концентрации кокколитофорид в рамках Госзадания 0555-2019-0001

ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ВОДЕ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН 2019 Г. (ПО ДАННЫМ 106 РЕЙСА НИС "ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ")

Лобко В.В., Малахова Л.В.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: ДДТ, полихлорбифенилы, вода, Черное море, Азовское море

К наиболее опасным загрязнителям морской среды относятся такие хлорорганические соединения (ХОС), как полихлорбифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды (ХОП). ХОС являются высокоустойчивыми и персистентными веществами в условиях окружающей среды, они способны накапливаться по трофической цепи, приводя к серьезным нарушениям в развитии индивидуальных организмов и гибели целых популяций. Несмотря на запрещение в большинстве стран производства и сокращение использования ХОС начиная с 1970-х годов, они по-прежнему загрязняют акваторию Чёрного моря.

Известно, что в последние десятилетия ушедшего столетия уровень загрязненности Черного моря был настолько значительный, что во всех без исключения компонентах его экосистемы обнаруживались высокие концентрации ХОС, достигающие в воде прибрежных районов сотен наногаммов в литре [1]. В 21 веке содержание ХОС в воде Черного моря снизилось и в 2010-2016 гг. в прибрежных районах Крыма концентрация ΣПХБ₆ в воде изменялась от 0.05 до 5.04 нг/л, ΣДДТ - от 0.05 до 4.68 нг/л [2]. Такое снижение загрязненности воды Черного моря свидетельствует об уменьшении поступления ХОС в его акваторию в этот период. Распределение ХОС в прибрежных водах моря имело мозаичный характер и в так называемых критических зонах, к которым относятся устьевые зоны рек, районы выпусков сточных вод, концентрация ХОС может достигать десятков нг/л и в настоящее время.

Целью работы являлось определение содержания и распределения ХОС в воде Черного и Азовского морей в весенний сезон 2019 г.

Пробы морской воды были отобраны в 106 рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в апреле и мае 2019 г. на станциях вдоль береговой линии от западного побережья Крымского полуострова до Кавказского побережья в районе г. Сочи и в прибрежном районе Керченского полуострова в Азовском море. Всего было отобрано и проанализировано 15 проб воды с поверхностного горизонта и две пробы - с придонного.

Определение содержания ХОС в пробах воды проводили в соответствии с методикой [3] на газовом хроматографе Хроматэк Кристалл 5000.2 с ЭЗД в ЦКП «Спектрометрия и Хроматография» ФГБУН ИМБИ. Определяли содержание п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД (далее - ΣДДТ), а также шести индикаторных конгенов ПХБ: 28, 52, 101, 138, 153, 180 (далее - ΣПХБ₆), рекомендованных Международным советом по изучению моря для мониторинга загрязненности морских экосистем.

Результаты показали, что во всех районах были обнаружены исследуемые поллютаны. Концентрация ΣДДТ в Черном море изменялась от 0.01 до 0.69, ΣПХБ₆ - от 0.74 до 16.68 нг/л. Максимальное количество ΣДДТ зафиксировано в 25 км от берега Каламитского залива, а минимальное в 50 км от берега г. Геленджика. Максимальная концентрация ΣПХБ₆ обнаружена в 30 км от берега Балаклавы, а минимальная - в 60 км от берега Феодосийского залива.

Средняя концентрация ΣПХБ₆ в прибрежных районах Крыма составила 6.37, в прибрежных районах Краснодарского края - 4.48 нг/л. Среднее содержание ΣДДТ в Крымском регионе составило 0.36, а для Краснодарского региона - 0.24 нг/л. Как

видно, концентрация ХОС в прибрежных районах Крыма превышала в исследуемый период таковые у побережья Краснодарского края.

Содержание Σ ДДТ в Азовском море изменялось от 0.15 до 1.02 нг/л, в среднем превышая таковую в Черном море в 1.5 раза, Σ ПХБ₆ - от 5.85 до 34.93 нг/л, что в среднем превышало концентрацию в Черном море в 2 раза.

В Черном море преобладали низко хлорированные конгенеры ПХБ 28 и 52, доля которых в сумме ПХБ составила 61%, в отличие от Азовского моря, где 66% от суммы ПХБ приходилось на гекса- и гептахлорированные углеводороды. Вероятно, это свидетельствует о различных источниках загрязнения полихлорбифенилами исследуемых акваторий.

Придонная вода была отобрана в предкерченских районах обоих морей. Выявлено, что в Черном море концентрация ХОС в поверхностном и придонном слоях практически не отличалась. А в Азовском море в поверхностном слое концентрация как Σ ДДТ, так и Σ ПХБ₆ была выше в 4 раза, чем в придонном.

Сравнение полученных данных в прибрежных районах Крыма с многолетними наблюдениями сотрудников ОРХБ ФГБУН ИМБИ за уровнем загрязнения ХОС показали, что средняя концентрация Σ ПХБ₆ в поверхностном слое оказалась в 1.5 раза выше среднего значения за период с 2010 по 2018 гг., но ниже в полтора раза, чем в весенний сезон 2017 г. [2, неопубликованные данные 2018 г.].

Среднее содержание Σ ДДТ было почти в 3 раза ниже среднего за многолетний период с 2010 по 2018 гг. Такое наблюдение подтверждает тенденцию снижения содержания Σ ДДТ в воде прибрежных районов Крыма, выявленную нами в последнее десятилетие. Подобного понижения концентрации для Σ ПХБ₆ не наблюдается, что свидетельствует о поступлении в исследуемый район данных токсикантов в прежних объемах.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ по теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Поликарпов Г. Г., Жерко Н. В. Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря хлорорганическими ксенобиотиками // Экология моря. 1996. Вып. 45. С. 92–100.
2. Малахова Л. В., Малахова Т. В. Загрязненность стойкими хлорорганическими соединениями воды и донных отложений Черного моря (по данным экспедиционных исследований на НИС «Профессор Водяницкий») // Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование : сб. ст. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 125-летию проф. В. А. Водяницкого, г. Севастополь, 28 мая - 01 июня 2018. Севастополь : ООО «Колорит», 2018. С. 142–148.
3. РД52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод. Ленинград : Гидрометеиздат, 1993. 264 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АГРЕГАЦИИ ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

Мегер Я.В., Лантушенко А.О., Ельцов О.С.

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Ключевые слова: платиносодержащие соединения

Люминесцентные Pt(II) комплексы представляют собой новый класс функциональных материалов, активно изучаемых многими исследовательскими

группами по всему миру, и нашедших разнообразные применения при создании устройств с «управляемыми» оптическими свойствами [1]. У данных соединений наблюдается эффект модуляции поглощения или излучения света за счет образования агрегатов, стабилизированных металлофильными или стэкинг-взаимодействиями. Так как у рассматриваемых комплексов люминесценция зависит от агрегации, исследование термодинамических параметров важно для управления люминесцентными свойствами. В настоящей работе исследована самоассоциация трех люминесцентных Pt(II) комплексов методом ЯМР-спектроскопии по ядрам платины и протонам.

В данной работе исследованы специально синтезируемые соединения SAF-12, SAF-20, SAF-33. Рассматриваемые молекулы содержат одинаковый гетероциклический хромофор с атомом хлора, связанным с платиной, и отличаются структурой боковых цепей: C₁₂H₂₅ (SAF-12), C₈H₁₇ (SAF-20), C₁₆H₃₃ (SAF-33). Экспериментальные данные были получены методами одно- и двумерной ЯМР-спектроскопии по протонам и ядрам платины. Экспериментальные зависимости химических сдвигов протонов и ядер платины для всех исследованных соединений с ростом концентрации смещаются в область более сильного поля, что свидетельствует об образовании стопочных ассоциатов.

Анализ экспериментальных данных проводился с использованием четырех моделей агрегации [2]: 1) бесконечномерная некооперативная модель (НМ-модель), в которой предполагается, что на каждом этапе агрегации константа равновесия K не зависит от числа молекул в агрегате; 2) бесконечномерная кооперативная модель (КМ-модель), в которой предполагается, что начиная с тримера, константа самоассоциации отличается от значения K димера на коэффициент кооперативности σ ; 3) бесконечномерная модель с затуханием (ЗТ - модель), в которой предполагается незначительное уменьшение K с ростом агрегата вследствие потери степеней свободы; 4) бесконечномерная модель с возрастанием (ВЗ-модель) в которой зависимость константы от длины агрегата задается выражением $K_i = K(i-1)/i$

Наилучшие значения функции невязки были получены при использовании НМ и ВЗ моделей. Для значений констант самоассоциации, полученных по бесконечномерной модели и для ¹H и для ¹⁹⁵Pt выполняется соотношение $K(\text{SAF-33}) > K(\text{SAF-20}) > K(\text{SAF-12})$.

При этом абсолютные значения K лежат в узком диапазоне 17...33 М⁻¹. Таким образом, сродство к агрегации для платиносодержащих производных в CDCl₃ слабо зависит от структуры представленных боковых цепей, т.е. наиболее вероятно главной причиной стабилизации агрегатов исследуемых в данной работе молекул являются дисперсионные стекинг-взаимодействия ароматических хромофоров.

С помощью ¹H и ¹⁹⁵Pt экспериментов было получено значение параметра кооперативности σ по кооперативной модели, большее единицы, при этом с возрастанием длины боковой цепи параметр кооперативности возрастает. Данный результат вероятно обусловлен вкладом боковых алифатических цепей молекулы, которые препятствуют формированию агрегатов высокого порядка и были ранее описаны для разнообразных ароматических молекул с разветвленными боковыми цепями [3]. Другой антикооперативный вклад в σ возникает из-за потери степени свободы при формировании агрегата.

Учитывая структурные особенности молекул SAF, а именно наличие плоских ароматических колец, можно предположить, что один из основных вкладов в стабилизацию агрегатов будут обеспечивать дисперсионные стекинг-взаимодействия, а для получения исчерпывающей информации о природе сил, стабилизирующих ассоциаты, необходим структурный анализ, результаты которого будут описаны в последующих работах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-03-00232 А.

Список литературы

1. Mauro M., Aliprandi A., Cebrian C., Wang D., Kubel C., De Cola L. Self-assembly of a neutral platinum(ii) complex into highly emitting microcrystalline fibers through metallophilic interactions // Chemical Communications. 2014. Vol. 50, iss. 55. P. 7269.
2. Beshnova D. A., Lantushenko A. O., Davies D. B., Evstigneev M. P. Profiles of equilibrium constants for self-association of aromatic molecules // Journal of Chemical Physics. 2009. Vol. 130, iss. 16. P. 65–105. <https://doi.org/10.1063/1.3124761>
3. Evstigneev M. P., Davies D. B., Veselkov A. N. Stochastic models (cooperative and non-cooperative) for NMR analysis of the hetero-association of aromatic molecules in aqueous solution // Chemical physics. 2006. Vol. 321, iss. 1-2. P. 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.chemphys.2005.07.030>

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛУТОНИЯ В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Параскив А.А., Терещенко Н.Н., Проскурнин В.Ю.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Ключевые слова: радионуклиды плутония, соленые озера Крыма, Черное море

Как известно, одними из основных дозообразующих антропогенных радионуклидов в крымском регионе в постчернобыльский период являются альфа-излучающие радиоизотопы плутония $^{239+240}\text{Pu}$ [1; 2]. Изучение распределения радионуклидов плутония в бессточных стоячих водоемах, к которым относятся многие соленые озера Крыма актуально, так как именно такие водные экосистемы служат своего рода накопителями радионуклидов и других веществ. Объектом исследования были выбраны 10 соленых озер на территории Крыма из различных географических групп, используемые в рекреации, грязелечении и хозяйственной деятельности. Целью работы было определение концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностной воде, гидробионтах и донных осадках в десяти соленых озерах Крыма из четырех географических групп озер: Евпаторийской, Тарханкутской, Керченской и Перекопской.

Отбор проб проводился в ходе экспедиций 2016-2018 гг. Все пробы подвергались радиохимической обработке [2] и измерялись на альфа-спектрометрическом комплексе EG&G ORTEC OSTETE PC (США). Ошибка измерения не превышала 25%, за исключением пробы воды из оз. Кирлеутское (42%).

Наименьшие концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностной воде обнаружены в озерах Кирлеутском и Акташском: 0,84 и 2,06 мБк/м³ соответственно. Более высокие значения определены в озерах западной части Крыма, в оз. Джарылгач (6,57 мБк/м³) и оз. Кызыл-Яр (16,47 мБк/м³). Низкие значения концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ наблюдались в водных растениях соленых озер: 1,1 - 3,2 мБк/кг сух. массы. Сравнительно высокое содержание $^{239+240}\text{Pu}$ обнаружено в ракообразных *Artemia salina* - 63 мБк/кг сух. массы.

Изучение донных осадков показало, что значения концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ в 0-5 см слое варьировали в пределах 313 - 425 мБк/кг сух. массы в илистых и 49-96 мБк/кг сух. массы в песчаных донных осадках в озерах лиманного типа, расположенных в непосредственной близости к морю (из Евпаторийской,

Тарханкутской и Керченской групп). Озера, не имеющие связи с морем (из Перекопской группы), характеризуются наименьшими значениями $^{239+240}\text{Pu}$. Среди всех исследованных озер максимальный уровень $^{239+240}\text{Pu}$ обнаружен в слое 10-15 см илов оз. Сасык-Сиваш (западное побережье Крыма) - 2050 мБк/кг сух. массы. Оценены запасы $^{239+240}\text{Pu}$ в 0-30 см слое донных отложений четырех озер: Джарылгач (82,4 Бк/м²), Кирлеутское (87,8 Бк/м²), Чокракское (143,5 Бк/м²) и Сасык-Сиваш (195,6 Бк/м²). В гиперсоленых озерах, как и в черноморских акваториях радиоизотопы плутония имеют тенденцию преимущественно накапливаться в илистых донных осадках. Установлено, что повышенная соленость (до 330‰) влияет на перераспределение плутония между водной средой и донными отложениями в соленых озерах, при этом как и в морских и пресноводных водоемах основным депо плутония служат донные осадки.

Исследования выполнены по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ "Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем", номер гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2, а также при поддержке гранта РФФИ проект № 16-05-00134 «Биогеохимические процессы, определяющие радиохемозоологическое и экотоксикологическое состояние соленых озер Крыма и возможности использования их биоресурсов».

Список литературы

1. Матишов Д. Г., Матишов Г. Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 2001. 417 с.
2. Радиозоологический отклик Чёрного моря на чернобыльскую аварию / под ред. Г. Г. Поликарпова, В. Н. Егорова. Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. 667 с.

АНАЛИЗ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ТОПОТЕКАНА И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА КЛЕТКИ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ЧЕЛОВЕКА

Скуратовская И. В., Сало В. А., Баранов Д. Ю., Лантушенко А. О.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кафедра «Физика»,
Севастополь, Россия

Ключевые слова: топотекан, буккальный эпителий, кофеин, фуллерен

Ароматический антибиотик Топотекан (ТРТ) является одним из перспективных современных препаратов, использующихся при лечении рака, и проявляющих свое действие на уровне ДНК топоизомеразы I. Ранее было показано, что при использовании его совместно с другими лекарственными препаратами, в частности, ароматическими биологически активными соединениями (БАС), достигается значительное усиление медико-биологической эффективности ТРТ. Также методами ЯМР-спектроскопии было показано, что молекулы топотекана образуют гетерокомплексы с молекулами-интерцепторами флавин-монуклеотидом (FMN) и кофеином (CAF), что может являться причиной изменения биологической активности топотекана в смеси [1].

В данной работе было исследовано действие топотекана при добавлении ароматических лигандов на клетки буккального эпителия человека. В качестве лигандов были выбраны вышеуказанные FMN и CAF, а также фуллерен C₆₀, являющийся предметом пристального внимания ученых в последние годы.

Ранее было обнаружено, что введение немодифицированных фуллеренов C_{60} совместно с различными ДНК-связывающимися ароматическими противоопухолевыми препаратами приводит к усилению их медико-биологического эффекта [2]. Фуллерен C_{60} обладает насыщенной π -электронной системой, и в связи с этим может образовывать комплексы с ароматическими ДНК-интеркаляторами, включая противоопухолевые антибиотики и мутагены.

Клетки буккального эпителия используют как модельный объект в исследованиях влияния лекарственных веществ. Эпителий внутренней поверхности щеки является первым барьером в ингаляционном или пероральном маршруте и способен метаболизировать препараты химической природы, в том числе и канцерогены. Показано, что в клетках буккального эпителия экспрессируются те же гены белков - супрессоров опухолей, что и в других типах клеток.

Состояние хроматина в клетках буккального эпителия человека оценивалось по количеству гранул гетерохроматина (КГГ) в ядрах клеток после окрашивания орсеином. Исследование процесса гетерохроматинизации позволяет оценить изменения функциональной активности клеточного ядра [3]. Величина КГГ в каждом варианте эксперимента определялась в 30 ядрах. Анализировалось отклонение полученного в опыте значения от контрольного значения КГГ.

При проведении исследований вначале была определена концентрация топотекана, вызывающая максимальное увеличение КГГ по отношению к клеткам в буферном растворе. В последующих экспериментах концентрация топотекана поддерживалась постоянной, а концентрации FMN/CAF/ C_{60} изменялись. Во всех исследованных системах было обнаружено концентрационно-зависимое изменение показателя КГГ, что свидетельствует о проявлении взаимодействия топотекана и вышеперечисленных лигандов на клеточном уровне. Интересно отметить, что концентрация, при которой КГГ смеси топотекан - лиганд становится очень близким к значению к показателю гетерохроматинизации клеток в буфере без добавления препаратов, принимает наибольшее значение при использовании кофеина и наименьшее в системе ТРТ- C_{60} , что позволяет сделать заключение, что из всех исследованных лигандов наиболее эффективно взаимодействует с топотеканом фуллерен.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ на государственную поддержку ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-5889.2018.3)

Список литературы

1. Лантушенко А. О., Мосунов А. А., Даржинкевич З., Евстигнеев М. П. Протекторное действие витамина B_2 по отношению к антибиотику топотекану *in vitro* // Физика живого. 2007. Т. 15, № 2. С. 18–23.
2. Prylutska S. V., Burlaka A. P., Prylutsky Y. I., Ritter U., Scharff P. Pristine C_{60} fullerenes inhibit the rate of tumor growth and metastasis // *Experimental Oncology*. 2011. Vol. 33, no. 3. P. 162–164.
3. Shckorbatov Y., Grigoryeva N., Shakhbazov V., Grabina V., Bogoslavsky A. Microwave irradiation influences on the state of human cell nuclei // *Bioelectromagnetics*. 1998. Vol. 19, iss. 7. P. 414–419. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-186X\(1998\)19:7<414::AID-BEM2>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-186X(1998)19:7<414::AID-BEM2>3.0.CO;2-4)

МОРСКАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

Ажогина Т.Н., Климова М.В., Карчава Ш.К.

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: токсичность, биотестирование, донные отложения, *Vibrio aquamarinus*

Донные отложения являются важной частью водной среды; они выполняют многочисленные функции: экологические, геохимические и пр. С другой стороны, в донных отложениях аккумулируются различные загрязняющие вещества [1]. Для оценки качества водной среды наиболее информативны различные биосенсоры, так как химический анализ поллютантов не всегда может дать оценку токсичности и определить степень опасности для живых организмов [2].

В связи с вышеизложенным, изучение интегральной токсичности донных отложений Азовского моря с использованием цельноклеточных бактериальных lux-биосенсоров представляет особый интерес.

Объектом исследования были донные отложения Азовского моря. Всего было исследовано 26 проб.

Для определения интегральной токсичности использовался штамм *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. Критерием токсического действия служило изменение интенсивности биолюминесценции тест-объекта в исследуемой пробе по сравнению с таковой для пробы с раствором, не содержащим токсических веществ. Острое токсическое действие исследуемого токсиканта на бактерии определяли по ингибированию их биолюминесценции за 30-минутный период экспозиции. Количественная оценка параметра тестреакции выражалась в виде безразмерной величины - индекса токсичности «Т», рассчитываемого по формуле $T = 100 (I_k - I_0) / I_k$, где I_0 и I_k , соответственно, интенсивность свечения бактерий в опытной и контрольной пробах при фиксированном времени экспозиции исследуемого раствора с тест-объектом. Методика допускает три пороговых уровня индекса токсичности:

- Допустимая степень токсичности: индекс токсичности меньше 20.
- Образец токсичен: индекс токсичности равен или больше 20 и меньше 50.
- Образец сильно токсичен: индекс токсичности равен или более 50 [3].

Анализ интегральной токсичности донных отложений Азовского моря с помощью штамма *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245 показал, что два образца обладали допустимой степенью токсичности. 24 из 26 исследованных образца проявили сильную степень токсичности. При этом, у 16 сильно токсичных проб (67%) индекс токсичности Т превышал 75 единиц, а у 2 проб (8%) был выше 90 единиц. При этом минимальное значение индекса токсичности составило 56,27, а максимальное - 94,67.

Полученные данные свидетельствуют о высокой степени токсичности донных отложений и необходимости постоянного мониторинга за их состоянием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).

Список литературы

1. Baran A., Tarnawski M., Koniarz T. Spatial distribution of trace elements and ecotoxicity of bottom sediments in Rybnik reservoir, Silesian-Poland // Environmental

- Science and Pollution Research. 2016. Vol. 23, iss. 17. P. 17255–17268. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6678-1>
2. Цыбульский И. Е., Сазыкина М. А. Новые биосенсоры для мониторинга токсичности среды на основе морских люминесцентных бактерий // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46, № 5. С. 552–557.
 3. Сазыкина М. А., Сазыкин И. С., Хмелевцова Л. Е., Селиверстова Е. Ю., Карчава Ш. К., Журавлева М. В., Кудеевская Е. М. Оценка загрязнения донных отложений Нижнего Дона методами биотестирования и химического анализа // Валеология. 2016. № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2016-4-5-12>

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ РАЧКОВЫМИ БИОТЕСТАМИ

Артына Н.К., Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Ключевые слова: биотестирование, *artemia salina*, науплии артемий, чувствительность, выживаемость, культивационные среды

В настоящее время для определения токсичности загрязняющих веществ, а также для оценки экологического состояния солёных водоемов, в качестве тест-объекта используется жаброногий рачок артемия *Artemia salina* L. Основными утвержденными методиками биотестирования на артемиях в Российской Федерации являются методика определения токсичности высокоминерализованных поверхностных и сточных вод, почв и отходов по выживаемости солоноватоводных рачков *Artemia salina* L. ФР 1.1.39.2006.02505 [1] и ГОСТ Р 53886-2010 «Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных [2].

Регламент проведения процедуры биотестирования на артемиях в этих методиках существенно различается. Основные расхождения касаются составов культивационной среды, плотности посадки науплиусов, времени экспозиции.

Согласно методике [1] в качестве культивационной воды используется отстоянная водопроводная вода с добавлением хлорида натрия в концентрации, идентичной солености анализируемой воды. В тестируемые пробы объемом 10 см³ вносится по 4 науплия. Продолжительность экспозиции - 48 часов. В методике [2] используется природная или искусственная морская вода с минерализацией 33 г/дм³. В каждую пробу объемом 50 см³ вносят по 20 науплиев. Продолжительность экспозиции - 72 часа. При необходимости, для уменьшения минерализации (солености), искусственную морскую воду разбавляют дистиллированной водой. Допускается также готовить искусственную морскую воду, используя готовую морскую соль (например, марки «Wieqandt»).

Известно, что токсический эффект загрязнителей зависит от состава тестируемой воды, который влияет на их доступность для тест-организмов. В результате взаимодействия с компонентами тестируемых вод воздействие потенциально токсичных веществ на гидробионты может существенно снижаться. Чувствительность биотестов зависит также от соотношения объема тестируемой воды к количеству или массе тест-организмов. Чем больше это соотношение, тем сильнее проявляется токсический эффект при той же концентрации загрязняющих веществ. И наконец, на результат биотестирования влияет время проведения токсикологического эксперимента.

Таким образом, все три возможных фактора, от которых зависит токсический эффект, значительно различаются в этих методиках. Более того, вызывает сомнение использование отстоянной водопроводной воды для приготовления культивационного раствора, поскольку водопроводная вода не имеет точных физико-химических

характеристик, а ее состав может изменяться в течение года и различаться между регионам страны.

Исходя из этого, есть необходимость в проведении дополнительных исследований по созданию методик биотестирования высокоминерализованных водных сред на рачках для повышения эффективности экологического контроля водных объектов, а также для улучшения воспроизводимости результатов экотоксикологического анализа.

В связи с этим, цель данной работы явилось изучение чувствительности и выживаемости науплиусов артемий в различных культивационных средах при разном времени экспозиции.

Исходным материалом для процедуры биотестирования служили науплии артемии (*Artemia salina* L.) в возрасте 4-6 часов. Для сравнения разных подходов процедуры биотестирования артемиями был использован ряд культивационных сред: искусственная морская вода (общее содержание солей 10, 20, 33 промилле в дистиллированной воде), водопроводная вода с содержанием хлорида натрия 10, 20, 30 промилле; морские соли разных торговых марок (20 промилле) и морская искусственная вода с разным процентным содержанием хлорида натрия (100/0% - искусственная морская вода, 50/50, 25/75, 10/90, 5/95, 2/98, 1/99, 0/100% - дистиллированная вода с добавлением хлорида натрия). В этих культивационных средах определяли чувствительность и выживаемость тест-объекта к модельному токсиканту бихромату калия при разном времени экспозиции.

Эксперименты проводили в специальных флаконах объемом 100 см³, входящих в комплект устройства экспонирования рачков (УЭР-03). В каждый флакон с 50 см³ исследуемой воды помещалось по 10 тест-организмов в трех параллелях. Заполненные флаконы помещались в УЭР-03, которое устанавливалось в климатостат Р-2, который обеспечивал температуру 24±1 °С, фотопериод 12 часов день / 12 часов ночь и освещение 1200 - 1500 люкс. Благодаря умеренному вращению кассеты с пробами (6-8 обор/мин) в УЭРе создавались равные световые и температурные условия для всех вариантов опыта и непрерывный газообмен с окружающей воздушной средой. Острое токсическое действие бихромата калия в исследованных культивационных средах определяли по смертности науплий после 48 и 72 часов экспозиции. Критерием острой токсичности служила гибель 50% и более тест-объектов за время эксперимента, при условии, что в контроле гибель не превышала 10%.

В результате проведенных исследований было установлено, что при длительности эксперимента в 72 часа часто наблюдается смертность рачков в контроле более 10%. В этой ситуации становится невозможным определение уровня токсичности исследуемых проб. Поэтому для получения воспроизводимых результатов биотестирования необходимо ограничить время экспонирования 48 часами. Показано также, что увеличение доли хлорида натрия в составе искусственной морской воды (50/50, 25/75 и 10/90) сопровождается повышением чувствительности артемий к бихромату калия. Воздействие токсиканта на рачков в самой искусственной морской воде существенно возрастает при ее разбавлении в ряду 33, 20 и 10 промилей.

При применении морских солей в биотестировании на артемиях требуется вести тщательный отбор, как марки солевого продукта, так и партии его выпуска. При этом во многих случаях имеет место гибель рачков в контрольном варианте сред с морскими солями, превышающая 10%. При использовании в качестве культивационной отстоянной водопроводной воды с добавлением хлорида натрия так же наблюдалась повышенная смертность артемий в контрольной среде.

Список литературы

1. Методика определения токсичности высокоминерализованных поверхностных и сточных вод, почв и отходов по выживаемости солоноватоводных

- рачков *Artemia Salina* L. / В. А. Терехова, Е. Ф. Исакова, Т. А. Самойлова, И. З. Ибатуллина. М. : МГУ, 2009. ФР 1.1.39.2006.02505. 28 с.
2. ГОСТ Р 53886-2010. Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. - Введ. 2012-01-01. М. : Стандартформ, 2012. 50 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

Богатыренко Е.А.¹, Ким А.В.¹, Дункай Т.И.^{1,2}, Еськова А.И.^{1,3,4}

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

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

³НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г. П. Сомова, г. Владивосток

⁴Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток

Ключевые слова: бактериальные сообщества, антропогенный пресс, мониторинг, Японское море

Антропогенное загрязнение морей приводит к вмешательству в природную среду, что может сказаться на разнообразии и биологических свойствах автохтонной микробиоты. Приспосабливаясь к поллютантам, микроорганизмы способны трансформировать и утилизировать практически все существующие в природе органические вещества. Вместе с тем экологические и эпидемиологические последствия этих адаптаций еще не определены, но можно предположить, что они могут сопровождаться приобретением микроорганизмами признаков, представляющих опасность для гидробионтов, наземных организмов и человека

В связи с этим, целью работы стало изучить влияние антропогенного загрязнения на биологические свойства бактериальных сообществ прибрежных акваторий Японского моря.

Для проведения исследований были выбраны прибрежные акватории Японского моря, отличающиеся по гидрологическим параметрам, характеру и степени антропогенной нагрузки. Культуры бактерий получали на агаризованной питательной среде СММ (среда для морских микроорганизмов). Идентификацию полученных изолятов проводили на основе морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойств, а также на основе анализа структуры гена 16S рРНК. Для выделения нефтеуглеводородоокисляющих микроорганизмов использовали минеральную среду с флотским мазутом. Исследование маталлорезистентности микроорганизмов проводили на ССМ с добавлением возрастающих концентраций хлоридов меди, кадмия, свинца и никеля. Изучение ферментативной активности бактерий проводили на минеральной агаризованной среде, содержащей в качестве единственного источника углерода один из следующих субстратов: крахмал, твины, желатин, хитин, хитозан, хитин-глюкановый комплекс, коллаген, клетчатку, альгинат или фукоидан. Для выявления у микроорганизмов факторов патогенности изучали способность к адгезии, а также к синтезу гемолизинов, плазмокоагулазы и гиалуронидазы. Антибиотикочувствительность определяли диско-диффузионным методом на среде Мюллера - Хинтона. Вирулентность штаммов бактерий оценивали по показателю LD₅₀.

Изучение эколого-трофической структуры микробных сообществ показало, что антропогенный пресс приводит к снижению способности микробиоты разлагать сложные органические субстраты, что, вероятно, связано с их адаптацией к использованию легкоразлагаемых веществ, непрерывно поступающих в морскую среду с коммунально-бытовыми стоками в условиях хронического загрязнения.

Проведена оценка уровня резистентности микробных сообществ водной толщи Японского моря к загрязнению среды тяжелыми металлами (Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Fe, Co и Cs). В наиболее загрязненных бухтах отмечались высокие уровни резистентности к свинцу (до 93% сообщества), кадмию (до 55.8% сообщества) и меди (до 40% сообщества). Микробные сообщества фоновых районов характеризовались практически полным отсутствием металлорезистентных микроорганизмов. Установлено, что техногенное загрязнение морских вод приводит к повышению доли микробиоты, способной разлагать нефтяные углеводороды. Показано, что увеличение антропогенной нагрузки приводит к появлению вирулентности и полирезистентности к антибиотикам у сапротрофных бактерий, что указывает на проявление агрессивных свойств у морских микроорганизмов в ответ на стресс.

ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КОЛОВРАТОК *BRACHIONUS PLICATILIS* ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОЛЕННОСТИ СРЕДЫ

Гершкович Д.М., Кравцова Г.В.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Ключевые слова: коловратки, токсичность, соленость

С увеличением антропогенной нагрузки на морские акватории, развитие методик нормирования и контроля качества вод на сегодняшний день остается актуальным. Способность тест-объектов переносить токсические нагрузки при загрязнении среды зависит от условий среды. Цель исследования - оценить эффекты воздействия бихромата калия на солоноводных коловраток *Brachionus plicatilis* при изменении солености в диапазоне 10-60‰ в краткосрочных испытаниях (24 ч).

Рядом методик [1] коловратки видов *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1766) — пресноводные, а также *Brachionus plicatilis* (Müller, 1786) — эвригалитные, рекомендованы в качестве тест-объекта для проведения биотестирования. *Brachionus plicatilis* — коловратки размером около 0.6 мм. Вид широко распространен в солоноватых и соленых водоемах, но встречается и в пресных с минерализацией воды 450-500 мг/л. Согласно данным литературы, эти коловратки легко культивируются в лаборатории в диапазоне солености 17-25‰, а в природных условиях переносят соленость до 90‰. По отношению к температуре — эвритермичен.

Методика культивирования коловраток в лабораторных условиях, а также методика проведения биотестирования соответствовала рекомендациям методических указаний [1]. Для культивирования коловраток искусственную морскую воду готовили на основе синтетической морской соли марки Tropic marine и культивационной (аквариумной) воды.

Для проведения экспериментов готовили растворы с использованием искусственной морской воды различной солености (10, 20, 30, 40, 50 и 60‰) с концентрациями двуххромовокислого калия $K_2Cr_2O_7$ 150, 180, 210, 240 и 300,0 мг/л. Определив процент гибели коловраток за 24 часа при воздействии разных концентраций стандартного токсиканта методом пробит-анализа, устанавливали зависимость, на основании которой вычисляли полулетальную концентрацию LC_{50}^{24} . Согласно полученным нами данным, чувствительность коловраток *Brachionus plicatilis* к воздействию бихромата калия в

краткосрочном эксперименте снижается с увеличением солености среды в ряду 10-60‰. Рассчитанная на основании полученных данных LC_{50}^{24} возрастает с ростом солености практически линейно от 215 мг/л при 10‰ до 348 мг/л при 60‰. Стоит отметить, что на протяжении всего периода исследований LC_{50}^{24} для коловраток при 20‰ (равная 231 мг/л) находилась в диапазоне 180-240 мг/л, что свидетельствует о соответствии чувствительности культуры требованиям стандарта на момент проведения испытаний [1].

Ранее было показано, что в экспериментах на популяциях *Brachionus plicatilis* токсический эффект хрома также снижался с ростом солености, а в экспериментах на выборках — напротив, возрастал с повышением солености воды в диапазоне 10-30‰. Автор объясняет это тем, что соленость 10‰ близка к оптимуму солености для *Brachionus plicatilis*, а условия высокой солености (20 и 30‰) являются неблагоприятными для этого вида. Для коловраток *Brachionus calyciflorus* было показано повышение токсичности пентахлорфенолята натрия (NaPCP) при повышении солености в диапазоне 1-5 ‰ [2], что также связано с отклонением условий при повышении солености от оптимальных для вида. Очевидно, эффекты токсической (хром) и физиологической (соленость) нагрузки, наблюдаемые в популяциях, являются суммарным результатом процессов регуляции плотности, адаптации и отбора. Такие механизмы надорганизменного уровня обеспечивают популяции большей устойчивостью не только к токсикантам, но и к неблагоприятным условиям среды. Таким образом, фактор физиологической нагрузки (солености) больше сказывается при действии хрома на выборки коловраток, повышая токсический эффект при высокой солености, а при действии на популяции влияние солености на токсический эффект обусловлено в большей степени гидрохимическими особенностями поведения хрома в морской воде в зависимости от солености и приводит к усилению эффекта при низкой солености. Также снижение токсического эффекта хрома на выборки солоноводных коловраток *Brachionus plicatilis* было ранее показано при увеличении солености от 5 до 65‰ [3]. Снижение эффекта авторы связывают, в первую очередь, с изменением гидрохимических показателей и понижением поступления хрома в ткани беспозвоночных с повышением солености воды.

В связи с необходимостью нормирования и контроля загрязнения морских акваторий с разными условиями среды вопрос их влияния на проявление токсического эффекта остается актуальным и требует дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансировании из госбюджета в рамках НИР "Исследование эффекта потенциально токсичных веществ на водные организмы и сообщества с целью защиты водных экосистем" № АААА-А16-116021660047-6.

Список литературы

1. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения / под ред. С. А. Соколовой. Москва : Изд-во ВНИРО, 2011. 165 с.
2. Snell T. W., Moffat B. D., Janssen C., Persoone G. Acute toxicity tests using Rotifers IV. Effects of cyst age, temperature, and salinity on the sensitivity of *Brachionus calyciflorus* // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1991. Vol. 21, iss. 3. P. 308–317. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(91\)90070-6](https://doi.org/10.1016/0147-6513(91)90070-6)
3. Persoone G., Van de Vel A., Van Steertegem M., De Nayer B. Predictive value of laboratory tests with aquatic invertebrates: influence of experimental conditions // *Aquatic Toxicology*. 1989. Vol. 14, iss. 2. P. 149–167. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(89\)90025-8](https://doi.org/10.1016/0166-445X(89)90025-8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БИОПЛЕНОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ДЕТЕРГЕНТОВ

Гильдебрант А.В., Выростков В.А., Чепченко А.А.

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: биопленка, микроорганизм, детергент, синтетическое моющее средство

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) являются важной группой соединений, используемых в различных отраслях современной жизни, и объем их использования постепенно увеличивается. ПАВ являются ключевыми веществами в производстве косметических и гигиенических препаратов, бытовых моющих средств, средств личной гигиены, пластмасс. Однако, они могут быть опасны для здоровья человека из-за своих химических свойств и присутствия в водных объектах [1].

Целью настоящего исследования было оценить воздействие чистого ПАВ (sodium lauryl sulfate (SLS)) и синтетического моющего средства (СМС) на его основе (Шампунь Чистотел «Мягкий» для щенков и котят (ЗАО «НПФ «Экопром», Россия) в различных концентрациях (0,001%; 0,005%; 0,01%; 0,05%; 0,1%; 0,5%) на интенсивность образования биопленки штаммом *Acinetobacter calcoaceticus* ВКПМ В-10353. Для количественного определения интенсивности образования биопленок использовался метод окрашивания кристаллическим фиолетовым [2,3].

В ходе исследования было установлено, что SLS оказывает стимулирующее действие на интенсивность образования биопленки в концентрациях 0,005% и 0,01%, максимальный эффект показан в концентрации 0,005% - значение оптической плотности выше контроля на 195,97%. В диапазоне концентраций от 0,05% до 0,5% SLS полностью подавляет развитие биопленки.

Шампунь Чистотел «Мягкий» оказывает стимулирующее действие на биопленкообразование в диапазоне концентраций от 0,01% до 0,5%. Максимальный эффект зарегистрирован в концентрации 0,05% - оптическая плотность на 264,07% выше контроля.

Таким образом, SLS как в чистом виде, так и в составе СМС, способен воздействовать на природные микробные сообщества, оказывая как стимулирующее, так и подавляющее влияние. Причем SLS способен к полному ингибированию развития биопленки при концентрации 0,05% и выше, что говорит о его высокой токсичности по отношению к микроорганизмам

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).

Список литературы

1. Motia S., Tudor I. A., Popescu L. M., Piticescu R. M., Bouchikhi B., El Bari N. Development of a novel electrochemical sensor based on electropolymerized molecularly imprinted polymer for selective detection of sodium lauryl sulfate in environmental waters and cosmetic products // Journal of Electroanalytical Chemistry. 2018. Vol. 823. P. 553-562. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.03.069>
2. Гильдебрант А. В., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А. Методы исследования бактериальных биопленок // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2018. Т. 14, № 1. С. 86-91.
3. Гильдебрант А. В., Кушнарева Д. Н., Каплина А. В., Мозговая А. И., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А. Влияние загрязняющих веществ на интенсивность образования биопленки штаммом *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ГЕНАМИ ЛЕКАРСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Гненная Н.В., Хмелевцова Л.Е., Аль-Раммахи А.А.

Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, гены лекарственной устойчивости, вода, донные отложения

Чрезмерное использование антибиотиков в медицине и сельском хозяйстве привело к глобальному распространению устойчивости к антибиотикам. Водные среды являются основным пулом антибиотиков и генов антибиотикорезистентности (АРГ). Наиболее серьезным последствием накопления антибиотиков является возникновение устойчивости к ним даже при их низкой концентрации в среде. В окружающей среде гены устойчивости к антибиотикам могут приобретаться патогенными микроорганизмами посредством процессов горизонтального переноса генов: конъюгация, трансформация и трансдукция [2]. Появление и распространение бактерий, устойчивых к антибиотикам стало глобальной проблемой здравоохранения, а АРГ признаны новым видом загрязнения [1].

Целью данного исследования было выявление клинически значимых генов устойчивости к антибиотикам в образцах воды и донных отложений в водоемах Ростовской области.

Для проведения исследования по выделению и идентификации генов устойчивости к антибиотикам на территории Ростовской области был произведен отбор проб воды и донных отложений в период с сентября 2016 г. по ноябрь 2017 г. Выделение ДНК осуществляли с помощью метода, разработанного Всероссийским НИИ сельскохозяйственной микробиологии и модифицированного нами [3]. Для проведения ПЦР-амплификации использовались коммерческие наборы реагентов для выявления устойчивости к антибиотикам (НПФ «Литех», Россия). Электрофорез полученных ампликонов проводили в камере для горизонтального электрофореза SE-2 («Хеликон»), в 1,2% агарозном геле, при напряжении 115В в течение 1 часа.

В ходе исследования было обнаружено три гена устойчивости к антибиотикам: VIM, OXA-48 (гены устойчивости к карбапенемам), гены устойчивости к тетрациклину. Гены VIM были обнаружены в образцах воды, отобранных в р. Дон и роднике «Парамоновский». Гены OXA-48 были обнаружены в образцах воды, отобранных в р. Дон и р. Кагальник. Гены устойчивости к тетрациклину были обнаружены в образце воды, отобранной в р. Дон, а также в образце донных отложений, отобранном на территории Северного водохранилища. Полученные результаты, по всей видимости, можно объяснить высоким уровнем антропогенной активности в местах отбора проб. Так, набережная р. Дон является рекреационной территорией. Поскольку в реку поступает большое количество сточных вод из очистных сооружений, городской канализации и промышленные стоки, следует учитывать, что это вносит соответствующий вклад в увеличение доли АРГ в воде. Родник «Парамоновский» на данный момент находится в заброшенном состоянии и основным фактором, способствующим наличию АРГ, является расположение самого родника. Поскольку он находится на городском склоне, стоки со свалок, частных домов и различных учреждений поступают в родник, что способствует накоплению различных микроорганизмов в воде родника и передаче и накоплению АРГ. Северное

водохранилище подвержено поступлению промышленных и бытовых стоков без надлежащей очистки, что способствует переносу и накоплению генов антибиотикоустойчивости. Река Кагальник также подвержена сильной антропогенной нагрузке, поскольку протекает через населенные пункты.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии генов лекарственной устойчивости в водных биоценозах Ростовской области, подверженных сильной антропогенной нагрузке. Присутствие генов VIM, OXA-48 и генов устойчивости к тетрациклину может способствовать распространению новых штаммов микроорганизмов, обладающих устойчивостью к антибиотикам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).

Список литературы

1. Pruden A., Pei R., Storteboom H., Carlson K. H. Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in Northern Colorado // *Environmental Science & Technology*. 2006. Vol. 23, no. 40. P. 7445–7450. <https://doi.org/10.1021/es060413>
2. Гненная Н. В., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А. Механизмы приобретения резистентности к антибиотикам микроорганизмами // *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова*. 2018. Т. 14, № 1. С. 77–85.
3. Селиверстова Е. Ю., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А., Хмелевцова Л. Е., Рынза И. С. Использование различных концентраций лаурилсаркозината натрия и SDS для выделения ДНК из почвы // *Валеология*. 2015. № 3. С. 42–46. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2015-3-42-46>

ОПЕРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ПРЕСНЫХ И ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОДНЫХ СРЕД

Григорьев Ю.С, Шашкова Т.Л., Стравинскене Е.С., Артына Н.К.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Ключевые слова: биотестирование, пресные и высокоминерализованные воды, оперативные методы и оборудование

В настоящее время для биотестирования пресных и высокоминерализованных водных сред разработан достаточно широкий ассортимент методик. Вместе с тем, большинство из используемых в России и за рубежом методик биотестирования не обеспечены комплексом аппаратуры для создания стандартных условий работы с тест-организмами и автоматизации самого процесса измерения. Без такого оборудования трудно добиться хорошей воспроизводимости результатов токсикологического анализа. Кроме того, ряд методов весьма продолжительны в своем исполнении, что не позволяет оперативно реагировать на изменения экологической ситуации в водоемах.

В связи с этим нами разработаны новые и достаточно оперативные методы и аппаратура для биотестирования токсичности различных вод и отходов.

Использование высокопродуктивного штамма пресноводной водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) позволило значительно сократить продолжительность анализа. Для наращивания тест-культуры водоросли в контролируемых условиях и проведения самого биотестирования созданы компактные культиваторы. Токсический эффект на водоросль устанавливается по разнице прироста

числа клеток в тестируемых пробах воды по сравнению с контрольной водой. Численность клеток водоросли оперативно определяется по оптической плотности суспензии растущей тест-культуры. На этой основе разработана методика биотестирования с длительностью анализа токсичности вод и отходов 22 часа [1].

В качестве рачкового тест-объекта были взяты дафнии (*Daphnia magna* Straus). Для работы с ними были созданы климатостаты, которые поддерживают необходимую температуру и световой режим при выращивании культур рачков. Сам процесс биотестирования (48 часов) выполняется в устройствах экспонирования рачков, обеспечивающих активный газообмен с внешней средой [2].

В целях экспрессного выявления токсичности вод был использован разработанный нами метод регистрации относительного показателя интенсивности замедленной флуоресценции (ОПЗФ) водоросли хлорелла. Данный показатель может быть измерен в течение нескольких секунд, выделяя до 100 градаций состояния тест-организма. Для реализации метода был изготовлен флуориметр, который в автоматическом режиме может анализировать на токсичность до 24 образцов. С учетом пробоподготовки длительность анализа разработанной методики биотестирования токсичности вод и отходов по изменению ОПЗФ водоросли хлорелла не превышает 1,5 часа [3].

Все три методики биотестирования вод аттестованы для целей государственного экологического контроля в РФ. На разработки получено 5 патентов России. В настоящее время благодаря сотрудничеству с производственным и коммерческим партнерами эти технологии биологического контроля успешно внедряются в Российской Федерации.

В завершающей стадии разработки находятся методики биотестирования токсичности высокоминерализованных водных сред на галофильной микроводоросли *Dunaliella tertiolecta* и солоноводном рачке *Artemia salina*. Биотестирование осуществляется в созданных нами климатостатах, культиваторах водорослей и устройствах экспонирования рачков.

Список литературы

1. Григорьев Ю. С. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 Т 16.1:2:2.3:3.7-04, ФР.1.39.2015.20001. Москва, 2004 (издание 2014 г.). 37 с.
2. Григорьев Ю. С., Шашкова Т. Л. Методика измерений количества дафний (*Daphnia magna* Straus) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 Т 16.1:2.3.3.9-06, ФР.1.39.2015.19999. Москва, 2006 (издание 2014 г.). 39 с.
3. Григорьев Ю. С., Стравинскене Е. С. Методика измерений относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:4.16-09 Т 16.1:2.3:3.14-09, ФР.1.39.2015.20000. Москва, 2009 (издание 2014 г.). 37 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИЙ ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Дорошенко Ю.В.¹, Сербин А.Д.², Полевой Д.М.²

¹Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН, г. Севастополь

²Малая академия наук, г. Севастополь

Ключевые слова: гетеротрофные бактерии, углеводородокисляющие бактерии, Чёрное море

Усиление антропогенного воздействия на морские экосистемы приводит к их деградации. В сложившейся ситуации оценка качества морской среды является актуальной научно-практической задачей.

Живые организмы зачастую позволяют быстро оценить качество окружающей среды, в ряде случаев с их помощью можно обнаружить микроконцентрации загрязняющих веществ. Микроорганизмы, благодаря физиологическим и генетическим особенностям, быстро реагируют на изменение качества среды и действие стрессовых факторов. На уровне организмов адаптация реализуется за счёт включения одного или нескольких механизмов индивидуальной резистентности. Микроорганизмы – наиболее пластичный и реактивный компонент водных биоценозов. Они способны утилизировать все имеющиеся в природе органические вещества. Причем необходимые для этого ферменты являются индуцибельными, т.е. синтезируются в их клетках по мере необходимости (присутствие соответствующего субстрата в среде). Благодаря этому микроорганизмы быстро реагируют на появление в среде новых химических соединений природного либо антропогенного происхождения.

Одними из основных токсикантов для прибрежных вод являются нефтяные углеводороды. В связи с этим определяли численность углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ), как показателей нефтяного загрязнения. Кроме того, учитывали общее количество гетеротрофов, как индикаторов наличия легко доступного органического вещества [1].

Пробы донных осадков для микробиологических исследований отбирали в бухтах г. Севастополя, характеризующихся различной степенью рекреационной нагрузки, в июне 2019 г. Для контроля была выбрана б. Ласпи. После доставки в лабораторию вся последующая обработка проб проводилась в стерильных условиях.

Численность бактерий определяли методом предельных разведений на соответствующих селективных питательных средах. Для исследования численности общего количества гетеротрофов использовали пептонную воду, для УОМ – среду Диановой-Ворошиловой с добавлением дизельного топлива.

По общему количеству гетеротрофов донные осадки исследуемых бухт можно расположить в такой последовательности по уровню загрязнения: б. Ласпи, б. Казачья, б. Александровская. Значения численности составили соответственно 2500 кл./г, 25000 кл./г и 150000 кл./г.

Максимальные значения численности УОМ отмечены в б. Александровской – 9500 кл./г. Для б. Казачей они составили 45 кл./г. В б. Ласпи отмечены лишь следовые значения 1,5 кл./г.

Полученные результаты согласуются с данными по содержанию нефтяных углеводородов (НУ) в донных отложениях исследуемых районах. Максимальные концентрации НУ отмечены в донных осадках б. Александровской – 94 мг/100 г. В б. Казачьей содержание НУ составило 60 мг/100 г. В б. Ласпи установлены минимальные значения – 9 мг/100 г [1-3].

Таким образом, согласно микробиологическим показателям, а, также учитывая химический анализ донных осадков, по уровню загрязнения можно расположить исследуемые акватории в такой последовательности. Наиболее загрязнённой является б. Александровская, промежуточное положение занимает б. Казачья, а наиболее чистой остаётся б. Ласпи.

Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № АААА-А18-118020890090-2 («Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем»), при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-34-50005 («Наставник»).

Список литературы

1. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / Под ред.: О.Г. Миронова, С.В. Алёмова; Институт морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН.- Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2018. 276 с.

2. Соловьёва О.В., Тихонова Е.А., Клименко Т.Л., Скрыпник Г.В., Вотинова Т.В. Органические вещества донных отложений в условиях урбанизации побережья (на примере бухты Казачьей, Черное море) // Океанология. 2019. Т. 59. № 2. С. 234–242.

3. Тихонова Е.А., Котельянец Е.А., Соловьёва О.В. Оценка уровня загрязнения донных отложений крымского побережья Черного и Азовского морей // Принципы экологии. 2016. № 5 (21). С. 56–70.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРСКОЙ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ *PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM* ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

Ипатова В.И.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Ключевые слова: Phaeodactylum tricornutum, биотестирование, качество воды

Для биотестирования морской среды, водных вытяжек из солевых отходов или других соленых проб, токсичности загрязняющих морскую среду веществ и соединений используют альгологически чистую культуру морской диатомовой водоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin. Вид представлен клетками овально-треугольной формы с шипиками на концах. Клетки неподвижны, длина 13-16 мкм. Размножение вегетативное, путем простого деления клеток надвое. Численность клеток увеличивается за трое суток не менее чем в 3 раза. После пересева культуры на новую среду, экспоненциальная фаза роста наступает на 4 сутки. Данный вид используется в международном стандарте оценки качества воды (ИСО 10253: 2006 Качество воды. Тест по угнетению роста морских водорослей *Skeletonema costatum* и *Phaeodactylum tricornutum*). Диапазон солености для обеспечения жизнедеятельности морских водорослей *Phaeodactylum tricornutum* в природных условиях составляет от 25 до 35 ‰.

Водоросли для биотестирования выращивают на среде Гольдберга в модификации Кабановой. Питательную среду готовят на искусственной морской воде с добавлением морской соли. Дважды стерилизуют, нагревая до температуры 75-80С и охлаждают до комнатной температуры. В подготовленную таким образом морскую воду добавляют необходимое количество каждой питательной соли из их концентрированных растворов (KNO₃, NaH₂PO₄, MnCl₂×4H₂O+CoCl₂×6H₂O). Затем среду стерилизуют третий раз,

охлаждают и добавляют раствор железа ($\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$). Приготовленная таким образом среда используется для культивирования водорослей в качестве контрольной среды и с добавками тестируемых веществ в опытах. Водоросли культивируют в колбах в люминистате при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, освещенности 4,5 клк и периодически перемешивают, встряхивая 2 раза в сутки. Соблюдается световой суточный ритм.

Токсичность веществ для водорослей можно оценивать по целому ряду показателей — побурение, посветление, лизис клеток, изменение рН среды в культуре; определение соотношения живых и мертвых клеток методом люминесцентной микроскопии. Для более полной оценки токсического действия веществ дополнительно можно использовать такие показатели как определение биомассы водорослей (расчетным способом по объему клеток); определение содержания фотосинтетических пигментов — хлорофиллов, каротиноидов (с помощью экстрагирования ацетоном); определение интенсивности фотосинтеза; скорость деления клеток водорослей и многие другие.

Для целей практического экологического контроля аттестованными методиками предписывается определение изменения прироста численности клеточной популяции водорослей или флуоресцентных показателей в опыте относительно контроля. Для опытов используют водоросли в экспоненциальной фазе роста, что соответствует трехсуточной культуре после пересева. Начальная плотность клеток должна быть не менее 10 тыс. кл/мл и не более 50 тыс. кл/мл. Исходная численность меньше 10 тыс. кл/мл дает большую ошибку при подсчете клеток в камере Горяева. Нами экспериментально установлено, что с увеличением начальной плотности популяции более 50 тыс. кл/мл токсичность веществ уменьшается, поскольку количество токсиканта, приходящееся на 1 клетку (доза токсиканта) становится меньше, что искажает результаты биотестирования.

Опыты проводят в трех повторностях для каждой пробы и контроля. Подсчет численности клеток в острых опытах проводят на 1, 2 и 3 сутки. Общее число клеток подсчитывают в камере Горяева или Нажотта. Стандартный объем данных камер 0,0001 мл (камера Горяева) и 0,1 или 0,3 мл (камера Нажотта). Каждую повторность просчитывают не менее чем в двух сетках камеры Горяева. При невысокой исходной плотности культур (5-10 тыс. кл/мл) для просчета численности целесообразно использовать счетные камеры большего объема (камеры Нажотта). Достоверность различия численности клеток в контроле и опыте устанавливают, используя критерий Стьюдента, Манна-Уитни или Даннета.

Помимо методов прямого подсчета клеток водорослей в счетных камерах возможно измерение фотосинтетической активности клеток с использованием отечественных и импортных приборов (флуориметров или различных РАМ). Данный метод основан на том, что при внесении загрязняющих веществ происходит резкое изменение флуоресценции хлорофилла в клетках. Регистрируемая величина - квантовый выход флуоресценции является количественной мерой токсичности пробы по отношению к контролю. На основе данного метода в РФ разработана и аттестована для целей государственного экологического контроля экспресс-методика биотестирования токсичности вод и отходов с использованием флуориметра Фотон-10 (ПНД Ф 14.1:2.4.16-09 16.1:2.3.3.14-09). Длительность анализа с учетом одночасовой экспозиции клеток водоросли в тестируемой пробе не превышает 1,5 часов. В Европе и США используется методика исследования токсичности проб с использованием приборов серии РАМ согласно требованиям ОЕСД. Исследуется фотосинтетическая активность тест-культуры после 4 часовой экспозиции. Для характеристики функционального состояния фотосинтетического аппарата водорослей часто используют метод регистрации замедленной люминесценции (флуоресценции) хлорофилла. Метод замедленной люминесценции позволяет также судить о повышении или, наоборот, снижении устойчивости клеток водорослей к токсическому воздействию.

Поскольку соленость водных вытяжек из промышленных отходов и глинисто-солевых шламов, образующихся при производстве калийных удобрений, может выходить за пределы солености (25-35‰), обеспечивающие нормальную жизнедеятельность водорослей, проводится предварительная адаптация маточной культуры водорослей с постепенным изменением солености культивационной воды. Для адаптации культуры к разным уровням солености может потребоваться до трех последовательных пересевов культуры в среды с повышенным или пониженным уровнями солености маточной культуры. Пробы из галитовых отходов и глинисто-солевых шламов могут быть неоднородными и иметь разную соленость, что может приводить к разным результатам биотестирования сходной пробы в разных опытах. А присутствие в пробах с разной соленостью еще и тяжелых металлов с увеличением срока экспозиции (в хронических испытаниях) может приводить к накопительному эффекту металлов и усилению токсического эффекта со временем.

В результате биотестирования определяют эффективную концентрацию ($ЭК_{50}$), вызывающую 50% снижение численности или эффективности фотосинтеза, за 3-4 суток пробит-анализом или графическим способом. Длительность острого опыта 3-4 суток, а хронического - 14-21 суток. Только в длительном эксперименте можно обнаружить токсичность малых концентраций вследствие накопительного эффекта токсиканта и выявить отдаленные последствия интоксикации, не обнаруженные в краткосрочных опытах.

Государственное задание МГУ имени М.В. Ломоносова часть 2 (тема № АААА-А16-116021660047-6).

ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

Карчава Ш.К., Климова М.В., Барабашин Т.О., Кудеевская Е.М., Ажогина Т.Н., Аль-Раммахи А.А.К.

Южный федеральный университет, Азово-Черноморский филиал «ВНИРО» («АзНИИРХ») г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: цельноклеточные lux-биосенсоры, генотоксичность

За последние десятилетия отмечено усиление антропогенной нагрузки на объекты окружающей среды, что выразилось ее значительным загрязнением токсичными соединениями [2]. В результате разных видов хозяйственной деятельности ежегодно большое количество поллютантов попадают в окружающую среду. Это всевозможные сельскохозяйственные ядохимикаты, такие как гербициды и т.п. Данные веществ ядовиты для большинства организмов, их отличает высокая персистентность и способность к аккумуляции [3]. В связи с этим большее значение приобретает проблема контроля качества природных объектов.

Целью работы была оценка генотоксичности донных отложений Азовского моря. Материалом служили 32 образца, отобранных в различных местах Азовского моря.

Для тестирования генотоксичности образцов донных отложений использовали цельноклеточные бактериальные сенсоры на основе люминесцентных бактерий. В настоящее время цельноклеточные lux-биосенсоры являются ценным инструментом, позволяющим осуществлять эффективный контроль за качеством и безопасностью окружающей среды [1]. Для контроля генотоксичности использовался биосенсор *E. coli* MG1655 (pRecA-lux). Мерой токсичности служил фактор индукции (I), рассчитываемый как отношение биолюминесценции опытной пробы к биолюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля $1 < 2$, обнаруженный токсический

эффект оценивался как «слабый». При $2 < 1 < 10$ - как «средний». При $1 > 10$ - как «сильный».

Факторы индукции были выявлены практически во всех пробах. Исследования показали, что генотоксичность донных образцов обусловлена как мутагенами прямого действия (в 25 образцах из 32), так и мутагенами не прямого действия (в 24 образцах из 32). Максимальные значения фактора индукции варьировали от 4.58 до 8.59.

Таким образом, выявленные уровни загрязнения генотоксическими веществами в исследованных морских донных отложениях следует признать довольно высокими. В связи с этим систематическому контролю воды Азовского моря необходимо уделять особое внимание. Кроме того, необходимо идентифицировать и выявлять возможные источники генотоксикантов, в том числе и канцерогенных.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ; и РФФИ (грант № 17-04-00787 А).

Список литературы

1. Сазыкина И. С. Сазыкин И. С., Хмелевцова Л. Е., Селиверстова Е. Ю., Карчава Ш. К. Журавлева М.В., Кудеевская Е.М. Оценка загрязнения донных отложений Нижнего Дона методами биотестирования и химического анализа // Валеология. 2016. № 4. С. 5–12.
2. Anikiev V. V., Kolesov G. M., Pavlov A. A. Impact of anthropogenic and natural factors on the air quality above the northern Caspian Sea and the ecological risk level for the human population in the coastal zone // *Geochem. Intern.* 2011. V. 49, №. 2. P. 154–169.
3. Rowsell, V. F., Tangney P., Hunt C., Voulvoulis N. Estimating levels of micropollutants in municipal wastewater // *Water Air Soil Pollut.* 2010. V. 206. P. 357–368.

АНАЛИЗ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ Р. ТЕМЕРНИК

Климова М.В., Карчава Ш.К., Барабашин Т.О., Кудеевская Е.М., Ажогина Т.Н., Аль-Раммахи А.А.К.

Южный федеральный университет, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: генотоксичность, биосенсоры, донные отложения

Река Темерник является правым притоком р. Дон, её протяженность составляет 33 км, из них 18 км пролегает по территории г. Ростова-на-Дону [2]. Ежедневно р. Темерник подвергается влиянию расположенных на её берегах промышленных объектов. В результате техногенного воздействия содержание многих веществ в р. Темерник, большинство из которых являются токсичными, превышает допустимый уровень [1]. Чтобы оценить степень их опасности, наравне с методами химического анализа, необходимо использовать методы биотестирования. В настоящее время наиболее перспективен метод биотестирования на основе билюминесцентных бактериальных сенсоров.

Материалом исследований служили образцы донных отложений, отобранные в мае 2018 г. в различных точках р. Темерник протекающей на территории г. Ростова-на-Дону: Ростовское море, Устье б.Камышеваха, рынок Темерник, Сурб-Хач, Верхнее водохранилище, Верхнее 2, Нижнее водохранилище, Змеиная балка, Ботсад, Автовокзал, р.Темерник (река).

Для оценки генотоксичности донных отложений р. Темерник был использован метод биотестирования с использованием бактериального lux-биосенсора (*E. coli*

MG1655 (pRecA-lux). Данный метод позволяет быстро и эффективно оценивать присутствие ДНР-тропных веществ [3]. Мерой токсичности служил фактор индукции (I) - отношение билюминесценции опытной пробы к билюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля $I < 2$ оценивали как «слабый» токсический эффект, $2 < I < 10$ - «средний», $I > 10$ - «сильный».

Результаты биотестирования со штаммом *E. coli* MG1655 (pRecA-lux) без использования метаболической активации показали присутствие генотоксических веществ во всех исследуемых образцах. Был зарегистрирован генотоксический эффект средней силы - величина фактора индукции варьировала от 2,27 до 4,62.

С использованием метаболической активации генотоксический эффект слабой и средней силы был выявлен в 2 из 11 исследованных образцов. Максимальные значения фактора индукции были зарегистрированы в пробах донных отложений, отобранных из точки отбора в районе Ростовского моря и точки отбора в районе Змеиной балки. Величина фактора индукции составила 1,74 и 2,9, соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о присутствии в большинстве образцов донных отложений как промутагенных веществ, так и прямых мутагенов.

Учитывая актуальность проблемы загрязнения водных объектов токсичными соединениями, необходимо постоянно осуществлять экотоксикологический контроль качества воды и донных отложений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 6.2379.2017/ПЧ); РФФИ (проект № 17-04-00787 А).

Список литературы

1. Дробашева Т. И., Кленкин А. А., Пелипенко Л. В., Редрикова О. Д., Каструбина Г. И. Мониторинг загрязнений рек Темерник и Дон в пределах Ростова-на-Дону // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2003. № 1 (121). С. 85–87.
2. Государственный водный реестр. Река Темерник. Минприроды России [Электронный ресурс]. URL: <http://textual.ru/gvr/> (дата обращения 2019/07/04).
3. Sazykin I. S., Sazykina M. A., Khmelevtsova L. E., Mirina E. A., Kudееvskaya E. M., Rogulin E. A., Rakin A. V. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Southern Germany // International Journal of Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 13, iss. 3. P. 945–954. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-0936-0>

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ Cu^{2+} В ТКАНЯХ *MYTILUS TROSSULUS* В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ковтун Т.С., Слободскова В.В.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток

Ключевые слова: накопление Cu^{2+} , выведение Cu^{2+} , *Mytilus trossulus*

Загрязнение водной среды является глобальной и актуальной экологической проблемой. В водоёмах постоянно увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях. Многие тяжелые металлы являются жизненно необходимыми, но при их накоплении в водной среде представляют опасность для

живых организмов. К жизненно необходимым (эссенциальным) металлам относятся медь, никель, цинк, кобальт. Известно, что они способны нарушать целостность физиологических и биохимических процессов, вызывать серьезные изменения в метаболических реакциях у гидробионтов[1].

Целью данной работы являлось изучение особенностей накопления и выведения меди в жабрах и пищеварительной железе мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* в лабораторных условиях.

M. trossulus - это ценный объект промысла и разведения. Они являются фильтраторами, что обуславливает их способность к аккумулярованию в своих тканях токсичных веществ, в том числе и тяжелых металлов. Способность гидробионтов регулировать содержание токсикантов в своих органах является важной и актуальной проблемой современной экологии, что позволит прогнозировать устойчивость экосистем к постоянно увеличивающемуся антропогенному прессу на прибрежные акватории.

Мидий собирали в акватории наиболее отдаленной от антропогенного воздействия. После 2-дневной акклимации животных к лабораторным условиям, в экспериментальный аквариум добавляли медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в конечной концентрации Cu^{2+} 20 мкг/л. Контрольная группа моллюсков содержалась в морской воде без добавления токсиканта. Через 2, 4 и 7 суток часть моллюсков отбиралась для анализа, другая часть помещалась в аквариум с чистой водой на 1, 3 и 5 суток. Для исследования использовали жабры и пищеварительную железу моллюсков. Известно, что через жабры происходит поступление токсикантов в организм, а в пищеварительной железе их накопление и трансформация. Для количественного анализа содержания металлов использовали атомно-абсорбционный метод спектрофотометрии в пламенном варианте.

Как показали результаты проведенного нами исследования в контроле содержание меди в жабрах составило 7,96 мкг/л, в пищеварительной железе - 10 мкг/л. На 2 сутки экспозиции содержание меди в жабрах увеличилось в 1,2 раза, в пищеварительной железе в 1 раз. На 4 сутки в жабрах в 1,6 раз, в пищеварительной железе в 1,2 раза. На 7 сутки содержание меди в жабрах превышало контрольные значения более чем в 3,4 раз, в пищеварительной железе в 1,3 раза. Через 1, 3, 5 суток выдерживания в чистой воде происходило снижение содержания меди в жабрах в среднем в 1,1 раз. В пищеварительной железе после 2-х и 7-ми дневного воздействия в течение 1 и 3 суток не наблюдалось сильных различий с результатом накопления, лишь на 5 сутки происходило заметное снижение, близкое к контрольным значениям. После 4-х дневного воздействия в 1 и 3 сутки в жабрах и пищеварительной железе сразу наблюдалось снижение содержания меди в среднем в 1 раз, различия между 3 и 5 сутками незначительное.

При кратковременном воздействии меди наблюдается более близкое к контролю восстановление содержания Cu^{2+} . При длительном воздействии довольно быстро происходит уменьшение содержания меди в жабрах. В то время как в пищеварительной железе этот процесс идет медленнее. Это объясняется функцией пищеварительной железы накапливать в своих тканях токсические вещества. Возможно, большая экспозиция приведёт к невозможности регулирования содержания меди в тканях моллюсков.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» НИР №729/2019.

Список литературы

1. Шилова Н. А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Шилова Н. А. Саратов, 2014. 133 с.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Лазарева А.М.

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: водная токсикология, алюминий, Scenedesmus quadricauda

Алюминий широко распространен в природе, он входит в состав многих минералов, всегда содержится в воде и почве. Соединения алюминия попадают в природные воды как естественным путем при вымывании из почвы, с осадками, так и при антропогенном загрязнении. Его соли также используются в качестве коагулянтов в процессах водоподготовки для коммунальных нужд и для осаждения клеток водорослей и цианобактерий, вызывающих цветение воды. Загрязнение поверхностных вод алюминием увеличивается при антропогенном подкислении [1]. Это негативно сказывается на жизнедеятельности растительных и животных организмов [2], и биопродуктивности водоемов. Поэтому возникает необходимость оценки его действия на гидробионтов разных трофических уровней, в частности организмы фитопланктона.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение действия соли алюминия $AlCl_3$ на культуру зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Vreb. методом биотестирования.

Были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать динамику развития тест-объекта *S. quadricauda* в норме и при интоксикации в зависимости от концентрации $AlCl_3$.

3. Сравнить токсичность $AlCl_3$ для *S. quadricauda* при выращивании на природной и искусственной средах.

4. Провести оценку токсичности алюминия в зависимости от начальной плотности культуры и срока добавления его в культуру в процессе ее роста.

Культуру выращивали на среде Успенского №1 в люминостате при освещенности 3,5 клк со сменой дня и ночи (12:12 ч), температуре 22 ± 2 °С.

Развитие этого вида изучали в норме и при добавлении хлорида алюминия на среде Успенского №1 (дистиллированная вода с добавками питательных солей) и озерной воде из региона Южных Хибин (с аналогичными добавками питательных солей).

В первых двух опытах действие $AlCl_3$ на культуру оценивали на среде Успенского №1 при концентрациях 0,1; 0,4; 0,75; 1; 5; 10; 20 мг/л (опыт 1) и природной воде при концентрациях 0,4; 1; 10; 25; 50 и 100 мг/л (опыт 2) в расчете на соль. Опыты проводили в трех повторностях с исходной численностью 35 тыс кл/мл на протяжении 21 суток. Чувствительность культуры к токсиканту оценивали по величине LK_{50} (за 3 суток).

В третьем опыте в течение 21 суток действие $AlCl_3$ в концентрации 50 мг/л на культуру *S. quadricauda* оценивали при начальной плотности популяции 25, 100, 500 тыс. и млн. кл/мл. При этом дозы токсиканта в расчете на одну клетку составляли $20 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-7}$, $1 \cdot 10^{-7}$ и $5 \cdot 10^{-8}$ мг/кл соответственно. Контролем служил рост культуры с такими же начальными значениями численности клеток, но без добавления токсиканта.

При изучении зависимости токсичности от срока добавления $AlCl_3$ в культуру в процессе ее роста добавки токсиканта производили на 0, 7, 14, 21 и 28 сутки. Контролем служил рост культуры без токсиканта с момента его добавки в опытные культуры (5 контролей с разным возрастом культуры). Опыт проводили в трех повторностях общей длительностью 49 суток. На 0, 7, 14, 21 и 28 сутки дозы токсиканта в день постановки эксперимента составляли соответственно 20 и $1.2 \cdot 10^{-7}$, и 2.7, 1.4, $1.2 \cdot 10^{-8}$ мг/кл для 50 мг/л $AlCl_3$ и 40 и $2.8 \cdot 10^{-7}$, и 5.4, 2.8, $2.8 \cdot 10^{-8}$ мг/кл для 100 мг/л.

Основными показателями состояния культуры служили изменение численности клеток (абсолютной и по сравнению с контролем), соотношения живых и мертвых клеток, флуоресценции хлорофилла *a*, а также изменение рН в динамике ее развития в норме и при интоксикации.

Численность клеток подсчитывали в камере Горяева под световым микроскопом. Определение живых и мертвых клеток в культурах осуществляли с помощью люминесцентного микроскопа Axioscop 2 FS Plus. Для измерения рН использовали рН-метр ОНАУS Starter 2100. Флуоресценцию хлорофилла *a* регистрировали с помощью флуориметра типа Smart.

Для обработки результатов опытов использовали критерии Стьюдента, Манна-Уитни и Даннета. Оценку токсического действия проводили на основании достоверности различий опытных значений численности клеток по сравнению с контролем.

Полученные данные свидетельствуют о том, что $AlCl_3$ нецелесообразно использовать в качестве альгицидного средства для подавления роста и цветения водорослей, поскольку малые концентрации оказывают стимулирующее действие на их рост. А высокие - альгицидный эффект, вызывая гибель большинства клеток и торможение деления оставшихся живых, за счет которых может происходить восстановление численности популяции.

По результатам опытов можно сделать следующие выводы:

1. Реакция культуры *S. quadricauda* на токсическое воздействие $AlCl_3$ по показателю численности клеток носит фазный характер с чередованием стимуляции и торможения.

2. По данным острого опыта (3 суток) рассчитана полуэффективная концентрация $ЭК_{50}=7,9$ мг Al^{3+} /л. Максимально допустимая для *S. quadricauda* концентрация данного элемента на исследованных средах 0,04 мг Al^{3+} /л. По степени токсичности для *S. quadricauda* $AlCl_3$ относится к среднетоксичным веществам ($ЭК_{50}$ от 10 до 1,0 мг Al^{3+} /л).

3. На природной воде малые концентрации (0,1 и 0,4 мг/л) $AlCl_3$ не оказывают значимого токсического действия на рост культуры. Средние концентрации (1-25 мг/л) вызывают слабое угнетение роста по сравнению с контролем и торможение деления клеток, а затем стимуляцию роста. А высокие (100 мг/л) - массовую гибель клеток и/или длительное торможение деления живых клеток (50 и 100 мг/л), способных со временем восстанавливать численность популяции.

4. Состав среды выращивания культуры влияет на проявление токсичности алюминия. На среде Успенского №1, приготовленной на дистиллированной воде, токсичность алюминия выше по сравнению со средой, приготовленной на природной воде. Присутствие фона дополнительных элементов в природной воде снижает его токсичность вследствие взаимодействия элементов по типу антагонизма.

5. С увеличением начальной плотности популяции от 25 тыс. до 1 млн. кл/мл и с увеличением срока добавления $AlCl_3$ (на 0-28 сутки) в растущую культуру *S. quadricauda* его токсичность падает.

Работа выполнена в рамках Государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова часть 2 (тема № АААА-А16-116021660047-6).

Список литературы

1. Олькова А. С. Сравнение чувствительности тест-организмов *Daphnia magna* и *Ceriodaphnia affinis* к соединениям алюминия // Успехи современного естествознания. 2015. Вып. 11. С. 203–205.
2. Толпешта И. И. Соединения алюминия в поверхностных водах и почвах различных экосистем южной тайги верхней части бассейна р. Межи // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 1. С. 99–110.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

Лебедев Л.Е.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток

Ключевые слова: рыбы, двусторчатые моллюски, органы и ткани, промысловые и культивируемые гидробионты, микроэлементный состав, тяжелые металлы, залив Петра Великого, Японское море

Микроэлементы в органах и тканях гидробионтов представлены, прежде всего, металлами. Многие из них необходимы для нормальной жизнедеятельности. Однако при повышенном содержании микроэлементы могут быть токсичны для организмов, поэтому их концентрация контролируется. Опыт наблюдения за уровнем загрязнения гидробионтов металлами в дальневосточных морях, по сравнению с мировым, пока незначителен. Основные исследования проводятся в Институтах химии, географии и океанологии ДВО РАН, ТИНРО-Центре; ДВФУ и Дальрыбвтузе [1].

Цель работы - обобщить данные по микроэлементному составу и выявить некоторые особенности распределения тяжелых металлов в тканях промысловых гидробионтов на примере рыб и двусторчатых моллюсков зал. Петра Великого.

Среди морских рыб залива исследованы некоторые промысловые виды сем. Clupeidae (Сельдевые), Gadidae (Тресковые), Pleuronectidae (Камбаловые), Hexagrammidae (Терпуговые), Osmeridae (Корюшковые) и Salmonidae (Лососевые) [1, 2]. Установлено, что преобладающими металлами в печени являются Fe, Cu, Cd, Pb и Hg; в гонадах - Zn и Cu; в чешуе, коже, жабрах - Zn, Mn и Sr; в мышцах и костях - Fe, Zn, Cu, Hg и Mn. При этом, планктофаг - тихоокеанская сельдь, отличалась повышенными концентрациями Cu, Fe в мышцах и Zn, Cd, Hg в печени. Для бентофага, полосатой камбалы, характерны самые высокие концентрации Fe в печени и Mn в костях и жабрах. В мышцах планктофага тихоокеанской сельди и пелагического хищника тихоокеанского минтая преобладает Fe. В тканях и органах полифага, желтоперой камбалы, концентрации Fe и Zn были близки [1].

В органах рыб-бентофагов (палтусовидная и остроголовая камбалы) по уровню накопления лидируют: Fe - в жабрах, мышцах, печени, костях, коже; Zn - в гонадах. В печени найдено максимальное количество Fe и Cu. В жабрах наваги и камбалы содержится значительное количество Ca, P, Fe, Sr, K и Zn. Три элемента, Zn, Cu и Fe, присутствуют во всех тканях рыб: жабрах, печени и мышцах. У пелагических хищников (тихоокеанский минтай и красночешуйная красноперка) отмечен довольно высокий уровень содержания Fe, Cu и Zn в печени и гонаде, а самые низкие их концентрации характерны для мышечной ткани [2, 3].

Таким образом, распределение тяжелых металлов в тканях и органах рыб зал. Петра Великого неравномерно и зависит от типа питания. У планктоядных видов в коже и чешуе накапливается преимущественно Zn, а у бентоядных - более тяжелые элементы: Mn, Ni, Cd. В гонадах у планктофагов лидирующим металлом также является Zn, тогда как у бентофагов - Cu. В костях планктоядных рыб накапливается Mn, а в костях бентоядных - нет. В мышцах у планктофагов много Fe и Cu, а у бентофагов - Zn, Mn и Cu.

Определено, что концентрации тяжелых металлов в тканях рыб из зал. Петра Великого ниже, чем таковых из урбанизированных, промышленно развитых прибрежных акваторий, и выше, чем у рыб из заповедных акваторий [1].

Среди двустворчатых моллюсков исследованы промысловые и потенциально промысловые виды семейств Mytilidae (Мидии), Ostreidae (Устрицы), Pectinidae (Морские гребешки) и Arcidae (Арки) [1, 3].

Среди моллюсков, в гепатопанкреасе преобладающими элементами являются Cu, Zn и Rb, в жабрах - Cu, Zn, Fe и Pb, в мантии - Fe, Pb и Zn. Отдельные виды по-разному аккумулируют те или иные металлы. Отмечено высокое содержание Cd в органах приморского гребешка и анадары Броутона, Zn и Cu - в тканях гигантской устрицы, повышенное содержание Pb - в тканях тихоокеанской мидии из Амурского залива [1].

В 2011 г. в б. Северная Славянского залива (залив Ветра Великого) изучен микроэлементный состав твердых и мягких тканей сеголеток приморского гребешка и тихоокеанской мидии. Показано, что содержание Fe, Zn, Cu в мускуле гребешка в 2 раза больше, а Ca в 2 раза меньше, чем в мускуле мидии. В раковине мидии Sr в 1,5 раза больше, чем в раковине гребешка. Содержание Fe в мускуле гребешка в 3 раза больше, чем в мягких тканях мидии. Содержание Zn и Cu в мягких тканях гребешка в 2 раза больше, чем в тканях мидии. Но концентрация Zn на 2 порядка больше, чем концентрация Cu, в тканях мидии и на 3 порядка больше - в мускуле гребешка. Содержание Mn в мягких тканях гребешка значительно больше концентраций Cu и Cd. Это прослеживается и для ряда приморских видов рыб, указывает на изменение среды обитания и может свидетельствовать о пребывании гребешка в условиях дефицита O₂ [1].

В тканях 3-летнего товарного гребешка из б. Северная высокие концентрации Mn и Zn выявлены в жабрах, непрерывно контактирующих со средой. В гепатопанкреасе, органе депонирования, участвующем также в процессах детоксикации, отмечено наибольшее содержание Cu, Cd, Pb. В мускуле приморского гребешка уровни содержания всех микроэлементов самые низкие [1].

Таким образом, исследованиями промысловых гидробионтов зал. Петра Великого показано, что биофильные металлы аккумулируются в основном теми органами, работу которых они обеспечивают. Наибольшие концентрации Cu отмечаются в печени, Zn - в гонадах, Fe - в мышцах и жабрах. Металлы депонируются печенью и накапливаются в костях и мышцах бентоядных рыб, а также в раковинах и мягких тканях неподвижных моллюсков *Bivalvia*; Концентрации микроэлементов в тканях *Bivalvia* и рыб коррелируют с их содержанием в водной толще или донных отложениях. Рыбы-бентофаги сильнее аккумулируют тяжелые металлы, планктофаги и пелагические хищники - биоэлементы, а полифаги характеризуются самыми низкими уровнями концентраций всех элементов.

НИР № 728/2019, грант ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Список литературы

1. Лебедев Л. Е. Микроэлементный состав промысловых рыб и моллюсков дальневосточных морей и их бассейнов // Рыболовство – аквакультура : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Владивосток, 17-18 апреля 2018 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2018. С. 211–217.
2. Жадько Е. А., Стеблевская Н. И., Полякова Н. В., Чусовитина С. В. Микроэлементы в тканях некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого // Научные труды Дальрыбвтуза, 2013. Т. 30. С. 19–27.
3. Стеблевская Н. И., Полякова Н. В., Жадько Е. А., Чусовитина С. В. Микроэлементный состав сеголеток приморского гребешка и тихоокеанской мидии залива Петра Великого (Японское море) // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 103–106.

СРАВНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МОРСКИХ РЫБ ПРИ ОСТРОМ И ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОКСИКАНТОВ

Оганесова Е.В.^{1,2}, Самойлова Т.А.¹, Саидов Д.М.¹, Ериков Н.А.¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

Ключевые слова: биотестирование, рыбы, острая токсичность, хроническая токсичность, нормирование, тест-организм

Биотестирование является необходимым условием для контроля качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения в том числе при оценке токсичности сточных вод в контрольном створе как в остром, так и в хроническом опыте. Поскольку нормативы ПДК охраняют наиболее уязвимое звено, которым в экосистеме часто оказываются рыбы (икра, личинки), то это обуславливает необходимость поиска удобных и надежных видов рыб для проведения исследований в рамках разработки ПДК р/х [1].

Многолетняя исследования по внедрению в лабораторную практику разных видов рыб в качестве тест-организмов выявили ряд необходимых условий, которые позволят минимизировать методические трудности и улучшат воспроизводимость результатов, полученных в разных лабораториях.

Для биотестирования морской среды в качестве тест-объектов используют как организмы, собранные в природных водоемах и адаптированные к лабораторным условиям, так и стандартные аквариумные тест-объекты. Большое количество морских объектов со значительным разнообразием гидрохимического состава природных вод, а следовательно, и биоразнообразия характерных обитателей в России позволяет использовать различные виды рыб из природных популяций. Известны работы по определению токсического действия различных загрязняющих веществ (растворенные нефтепродукты, полихлорированные бифенилы, свинец, цинк, ртуть, медь) на рыб, находящихся на ранних стадиях онтогенеза, где в качестве тест-объектов используются икра и личинки *Trachurus trachurus*, *Acipenser guldenstadti*, *Rutilus frisii kutum*. Известна работа по сравнительной острой чувствительности личинок *Atherinops affinis* и менидии *Menidia beryllina* к воздействию 11 химических соединений, в которой рекомендовано использовать в токсикологических исследованиях *A. affinis* взамен *M. berullina*. Оценку токсичности загрязнителей морских вод успешно производят с помощью предличинок длиннорылой камбалы (*Limanda punctatissima*), а также предличинок японского анчоуса (*Engraulis japonicus*), как чувствительного тест-организма для нормирования токсичности вод дальневосточных морей [2]. Транспортировка, адаптация к искусственным условиям, получение икры и молоди, как и содержание взрослых морских рыб весьма затруднительны и требуют дополнительных исследований по доработке соответствующих методик. Кроме того, в силу значительных различий природных морских вод рекомендуется использовать искусственную морскую воду с известным соотношением солей [3].

Целью нашей работы была исследование сравнительной чувствительности двух солоноватоводных видов рыб - гуппи (*Poecilia reticulata*, Peters, 1859) и колюшки девятиглазой (*Pungitius pungitius*, Linnaeus, 1758) в качестве тест-организмов.

Пригодными для использования при остром (96 часов) и хроническом (30 суток) экспериментах на искусственной морской воде считали рыб, успешно прошедших адаптацию к лабораторным условиям содержания. Сравнение чувствительности

выбранных видов рыб оценивали по эффектам воздействия четырех органических растворителей производных хинолина. В ходе исследований оценивали влияние веществ на показатели выживаемости, а также оценивали плодовитость и качество потомства гуппи.

Результаты исследований показали, что для всех исследуемых веществ по показателю выживаемости в остром опыте колюшка оказалась чувствительнее гуппи лишь в 25% случаев, тогда как в условиях хронического воздействия была чувствительнее в 75% случаев. Важно отметить, что методически работать с гуппи значительно проще, что позволяет оценить токсичность для большего числа параметров, таких как плодовитость, выживаемость и качество потомства, по которым можно оценить последствия уже на популяционном уровне.

На основе полученных данных можно сделать вывод, о том, что колюшка может быть рекомендована к использованию для проведения испытаний по оценке токсичности морской среды в том числе при разработке ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Для полноты полученных данных и возможности адекватной экстраполяции результатов лабораторных экспериментов необходимо проведение исследований одновременно на различных видах рыб, включая характерных для данных водоемов.

Прикладная тематика в рамках государственного задания ФГБНУ "ВНИРО".

Список литературы

1. Медянкина М. В., Соколова С. А., Оганесова Е. В., Тригуб А. Г., Дмитриева Е. С. О проблемах установления нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 10. С. 12–18.
2. Никифоров М. В., Черкашин С. А. Оценка влияния кадмия, цинка и свинца на выживаемость предличинок морских рыб // Исследовано в России. 2004. Т. 7. С. 427–444.
3. Оганесова Е. В., Павлов А. Д., Саидов Д. М., Медянкина М. В. Поиск новых видов морских тест-объектов в целях совершенствования методологии разработки ПДК вредных веществ для воды водных объектов рыбохозяйственного значения // Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование : сб. ст. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 125-летию проф. В. А. Водяницкого, Севастополь, 28 мая – 1 июня, 2018 г. Севастополь : «Колорит», 2018. С. 177–183.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ШЭНЬЧЖЕНЬ, КИТАЙ

Поромов А.А.¹, Zhifu Guo², Годоренко Д.А.¹

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

²Совместный Российско-Китайский Университет МГУ-ППИ, г. Шэньчжэнь

Ключевые слова: флуоресценция хлорофилла, флуоресцентная спектроскопия, токсичность, *Daphnia magna*, оценка качества воды, Шэньчжэнь, Южный Китай

Шэньчжэнь - крупный мегаполис на юге Китая, расположен в устье Жемчужной реки, на побережье Южно-Китайского моря. Город основан в 1979 году, в 2017 году население достигло 12,5 миллионов человек. Актуальность оценки качества водных ресурсов г. Шэньчжэнь связаны с ограниченными литературными данными,

значительным количеством различных водных объектов на территории города, а также лимитированными питьевыми ресурсами.

Пробы воды отбирали в июле-августе 2018 года, на восьми точках в районе города Шэньчжэнь и в пограничной зоне с Гонконгом. Пять точек в притоках, русле и в устье реки Шам-Чун, и три точки в прудах и озерах города. В момент отбора проб измеряли основные физико-химические параметры воды (HANNA Multiparameter waterproof meter, Китай). Индукционные кривые быстрой флуоресценции природного фитопланктона регистрировали на флуориметре Aquapen-C 100 (PSI, Чехия) светом с длиной волны 620 и 455, индукционные кривые флуоресценции анализировали с помощью ОЛР-теста. Далее в лабораторных условиях, оценивали токсичность воды по смертности смертности дафний (*Daphnia magna* Straus) после 96 часов экспозиции. Также оценивали содержание растворенного органического вещества (РОВ) по спектрам поглощения и испускания с использованием спектрофлуориметра Lumina Fluorescence Spectrometer (Thermo Scientific, США).

Для системы реки Шам-Чун и водоемов физико-химические параметры в целом соответствовали нормам качества воды, принятым как в КНДР, так и в Российской Федерации, такие как pH в диапазоне 7.2 - 8.6, соленость в среднем составляла 0.3 PSU, а в устье реки Шам-Чун в районе посадок мангровых деревьев достигала 0.9 PSU, мутность воды достигала максимальных значений в русловой части реки Шам-Чун до 25 NTU/FTU.

По данным спектрального анализа фильтрованных проб воды относительно высокое содержание РОВ отмечалось в русловой части реки Шам-Чун и некоторых ее притоках. На спектрах флуоресценции при длине волны 270 нм выделяется возбуждение белковых соединений и простых фенолов, так как наибольшие значения флуоресценции этих веществ приходится на диапазон 300-350 нм, особенно это было характерно для воды из небольших притоков реки Шам-Чун. Для воды в русле реки Шам-Чун в большей степени максимум свечения отмечался в области 420-460 нм, что свидетельствует о преобладании гуминовых веществ.

Оценка токсичности проб воды с использованием дафний в течение 96 часов экспозиции не показала выраженной токсичности, выживаемость составила 100%, за исключением воды из района посадок мангровых деревьев (устье реки), где гибель животных достигала 75%. Низкую выживаемость можно связать как с высокой соленостью воды из этого района, так и, возможно, с близким расположением порта.

Флуоресценция хлорофилла фитопланктона оказалась более чувствительным параметром, связанным как физико-химическими особенностями природной воды, такими как содержание кислорода, температура и мутность, так с характером водоема или водотока, а также антропогенной нагрузкой на изучаемые районы. Различия проявлялись в таких показателях как максимальная фотохимическая эффективность фотосистемы II (F_v/F_m) и индекс производительности (P_{LABS}), значение которых отличаются по группам водных объектов: малые водотоки в городской черте (минимальные значения), далее водоемы и максимальные значения в русле реки Шам-Чун, протекающей в пограничной зоне Шэньчжэнь - Гонконг.

В целом полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительном качестве водных объектов в районе г. Шэньчжэнь, однако требуется более глубокого изучение как химического состава, так и компонентов водных экосистем. Интенсивное развитие данного мегаполиса несомненно будет влиять на состояние водных ресурсов, а экологический мониторинг в данном регионе должен быть направлен на выявление негативных изменений, и разработку предупредительных мер направленных на поддержание качества воды и сохранение здоровья населения.

СРАВНЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ПРОДУКТОВ СО СПЕКТРОРАДИОМЕТРОВ MODIS-AQUA/TERRA И VIIRS С РЕЗУЛЬТАТАМИ БИООПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЯ

Скорород Е.Ю.¹, Ефимова Т.В.¹, Моисеева Н.А.¹, Землянска Е.А.¹, Чурилова Т.Я.¹, Суслин В.В.²

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

²Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: концентрация хлорофилла-а, пигменты фитопланктона, растворенное окрашенное органическое вещество, неживое взвешенное вещество, дистанционное зондирование, Черное море

Дистанционное зондирование позволяет оперативно определять ряд стандартных продуктов в поверхностном слое моря. В основу спутникового алгоритма заложены особенности функционирования океанических вод 1-го типа [1], тогда как Черное море относится ко 2-му, в котором наблюдается высокое содержание окрашенного растворенного органического вещества в поверхностном слое [2]. Эти различия ограничивают возможность использования стандартных алгоритмов [3]. Для подтверждения корректности спутниковых продуктов необходимо произвести сравнение между спутниковыми продуктами и результатами *in situ* измерений этих параметров.

Для сравнения стандартных продуктов была осуществлена выборка данных со спектрорадиометров *MODIS-Aqua (MA)*, *MODIS-Terra (MT)*, *VIIRS (V)* и результатов *in situ* измерений в период с февраля 2009 по март 2019 гг. в прибрежных водах Севастополя в окрестности $44^{\circ}37'26'' \pm 0.015^{\circ}N$ и $33^{\circ}26'05'' \pm 0.009^{\circ}E$.

Было произведено сравнение следующих стандартных продуктов:

- концентрация хлорофилла-а со спектрорадиометров (C_{a-s}) и по *in situ* измерениям (C_{a-i});
- показатель поглощения света пигментами фитопланктона на длине волны 443 нм со спектрорадиометров ($a_{ph-s}(443)$) и по *in situ* измерениям ($a_{ph-i}(443)$);
- показатель поглощения света окрашенным растворенным органическим веществом ($a_{CDOM}(443)$) в сумме с показателем поглощения света неживым взвешенным веществом ($a_{NAP}(443)$) на длине волны 443 нм со спектрорадиометров ($a_{CDM-s}(443)$) и по *in situ* измерениям ($a_{CDM-i}(443)$).

В ходе сравнения стандартных продуктов выявили ряд особенностей:

- Значения C_{a-s} относительно C_{a-i} завышены в декабре, сходят к занижению в январе и продолжают занижаться вплоть до начала июня. С июня по сентябрь снова отмечается завышение. В октябре и ноябре наблюдается очередное занижение C_{a-s} в сравнении с прямыми наблюдениями.

- Диапазоны изменчивости $a_{ph-s}(443)$ на протяжении всего года значительно уже диапазона $a_{ph-i}(443)$ и значения $a_{ph-s}(443)$ практически всегда занижены в сравнении с величинами $a_{ph-i}(443)$.

- Ширина диапазона $a_{CDM-s}(443)$ превышает $a_{CDM-i}(443)$ в 3-11 раз. Исключение составляет диапазон со спектрорадиометра *V* в летний период, ширина которого уже *in situ* диапазона в 0,97 раз. Наибольшая разница в ширине диапазонов наблюдается осенью. Следует отметить, что ширина диапазона $a_{CDM-s}(443)$ со спектрорадиометра *V* всегда ближе к $a_{CDM-i}(443)$ чем данные других сканеров.

- Суммы $a_{ph-s}(443)$ и $a_{CDM-s}(443)$ при параллельных измерениях не совпадают между собой и отличны от аналогичной суммы *in situ*. Зависимости между C_{a-i} и $a_{ph-s}(443)$, C_{a-i} и $a_{ph-i}(443)$, C_{a-s} и $a_{ph-s}(443)$ при параллельных измерениях слабо выражены и различны между собой.

- При параллельных измерениях, в большинстве случаев, данные со спектрорадиометров помечены едиными флагами. Это говорит о том, что спектрорадиометры с разных спутников реагируют на внешние воздействия одинаковым образом и влияние на данные должно быть схожим.

Таким образом, при дистанционном зондировании сглаживаются сезонные изменения C_a , не отображая действительную годовую изменчивость. Неверно отображаются и другие стандартные продукты: показатель поглощения света пигментами фитопланктона практически всегда занижен, а показатель поглощения света окрашенным растворенным органическим веществом в сумме с показателем поглощения света неживым взвешенным веществом - завышен. Кроме того, не выявлено единых зависимостей между *in situ* данными и данными со спектрорадиометров *MODIS-Aqua*, *MODIS-Terra* и *VIIRS*.

Исследование показало, что тип закладываемых биооптических характеристик вод в алгоритм существенно влияет на результаты дистанционного зондирования. Для получения достоверных результатов оценки стандартных продуктов при дистанционном зондировании необходимо учитывать региональные особенности и алгоритмы.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий» и проекта РФФИ №18-45-920070 «Развитие системы оперативного контроля экологического состояния прибрежных вод в районе Севастополя на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса: адаптация региональных алгоритмов оценки показателей продуктивности по спутниковым данным».

Список литературы

1. Morel A., Prieur L. Analysis of variations in ocean color // *Limnology and Oceanography*. 1977. Vol. 22, no. 4. P. 709–722. <https://doi.org/10.4319/Lo.1977.22.4.0709>
2. Kopelevich O. V., Burenkov V. I., Ershova S. V., Sheberstov S. V., Evdoshenko M. A. Application of SeaWiFS data for studying variability of bio-optical characteristics in the Barents, Black and Caspian Seas // *Deep-Sea Research. Pt. II. Topical Studies in Oceanography*. 2004. Vol. 51, iss. 10–11. P. 1063–1091. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2003.10.009>
3. Чурилова Т. Я., Суслин В. В., Кривенко О. В., Ефимова Т. В., Моисеева Н. А. Спектральный подход к оценке скорости фотосинтеза фитопланктона в Черном море по спутниковой информации: методологические аспекты развития региональной модели // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2016. Т. 9, № 4. С. 367–384. [10.17516/1997-1389-2016-9-4-367-38](https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-367-38)

МИКРОВОДОРОСЛЬ *DUNALIELLA TERTIOLECTA* КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД

Стравинскене Е.С., Григорьев Ю.С.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Ключевые слова: биотестирование, морские водоросли, *Dunaliella tertiolecta*

Биологические методы оценки качества сред, в том числе биотестирование, активно применяются в настоящее время для проведения экологического мониторинга. Среди

объектов, в отношении которых оценивается негативное воздействие антропогенных факторов, большое значение имеют соленые водоемы и моря. Для биотестирования морских вод применяют водоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Dunaliella salina* Teodorescu. Галофильные тест-объекты также применяются при исследовании водных вытяжек из отходов с повышенным содержанием [1]. В 2014 году в России введен межгосударственный стандарт (основанный на международном стандарте ISO), касающийся биотестирования качества морских вод, а также минерализованных сточных вод на одноклеточных водорослях [2]. Этот документ дополнил ряд существующих руководств по оценке токсичности вод различной солености. Вместе с тем, важной задачей остается разработка более быстрых и менее трудоемких биотестов для целей рутинного лабораторного анализа.

В Сибирском федеральном университете (СФУ) ведутся активные разработки, нацеленные на создание оперативных и максимально автоматизированных методик биотестирования. Более низкая трудоемкость и обеспеченность современной приборной базой, также разработанной в СФУ, позволили реализовать данные разработки более чем в 500 экологических лабораторий в РФ. Вместе с тем, все созданные в СФУ методики основаны на реакциях пресноводных тест-организмов. В последние годы нами было намечено новое направление по разработке методик биотестирования высокоминерализованных водных сред.

В качестве тест-объекта для разрабатываемого водорослевого биотеста была выбрана *Dunaliella tertiolecta* Butcher. Для этой подвижной микроводоросли характерны сравнительно высокая скорость роста культуры и простота ее содержания. Проведение биотестирования на данном тест-организме в приборах, созданных для анализа токсических воздействий на пресноводную водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer, позволило выявить особенности роста культуры дуналиеллы и ее чувствительности к модельным токсикантам.

Культура водоросли *D. tertiolecta* выращивалась в среде Гольдберга, приготовленной на основе морской воды соленостью от 20 до 30‰ (в зависимости от задачи исследования). В ходе экспериментов были опробованы различные рецептуры приготовления морской воды, как на основе готовых морских солей разных торговых марок, так и полностью искусственные. Было выявлено, что замена части морской воды раствором NaCl позволяет существенно повысить чувствительность данной водоросли к модельным токсикантам (ионы тяжелых металлов).

Благодаря интенсивному росту микроводоросли дуналиелла длительность биотестирования удалось сократить до двух суток, получая при этом значительное увеличение численности клеток в тест-культуре (до 20 и 70 раз при выращивании культуры в условиях поддержания температуры $22\pm 0,5$ и $32\pm 0,5$ °C, соответственно). Таким образом, оценку токсических воздействий на данную водоросль в указанный период можно провести более чем в 4 поколениях клеток. При этом, определяющим фактором, позволившим осуществить более быстрый рост тест-культуры, стало использование для этих целей специализированного культиватора КВМ-05, обеспечивающего одновременное выращивание 24 образцов в поддерживаемых на требуемом уровне условиях по освещенности, температуре, перемешиванию и газообмену. Оценка численности клеток производится путем измерения ее оптической плотности в измерителе ИПС-03, разработанном в СФУ, что также существенно уменьшает трудоемкость всего процесса.

Применение в исследованиях новой разработки СФУ - культиватора, автоматически регистрирующего оптическую плотность растущей культуры водоросли с заданным интервалом времени - позволило произвести запись кривых роста тест-культуры водоросли *D. tertiolecta*. Благодаря такому подходу удалось выявить, в частности, что в зависимости от условий выращивания период лаг-фазы, когда не происходит

увеличения численности клеток, может занимать от 12 до 30 часов и более. Анализ кривых роста показал также, что при проведении более длительного биотестирования (до 96 часов), токсическое воздействие некоторых тяжелых металлов на тест-культуру может существенно ослабляться к окончанию эксперимента.

Таким образом, применение методологии и приборной базы, разработанной в СФУ, позволяет создать более оперативный и менее трудоемкий биотест для оценки качества минерализованных проб.

Список литературы

1. Об утверждении Критериев отнесения отходов к I – V классам опасности по степени нега-тивного воздействия на окружающую среду: Приказ Минприроды России от 04 дек. 2014 № 536. 2015. 11 с.
2. ГОСТ 31960-2012. Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. Москва : Стандартинформ, 2014. 40 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ВЗВЕСИ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КОДОР В МЕЖЕНЬ И ПАВОДОК

Титова А.М., Немировская И.А.

Институт Океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва

Ключевые слова: органические соединения, взвесь, устьевая область, плюм, Чёрное море

К числу наиболее важных зон для изучения поведения органических соединений (ОС) относятся устьевые области рек. На границе река-море резко возрастают пространственные градиенты основных термодинамических характеристик по сравнению с фоном, и изменяется поведение всех присутствующих в водной толще соединений [1]. С целью изучить динамику взвеси и ОС в поверхностных водах на границе река-море в меженный период и в паводок были проведены исследования в устьевой области реки Кодор, наиболее крупной реки Абхазии по годовому стоку (4170 км³) и по протяженности (117 км)[3]. Растущая рекреационная ценность прибрежной зоны акватории Чёрного моря Абхазии наряду с малой изученностью этого района добавляет актуальность данным исследованиям. Для изучения взвесей и ОС (С_{орг}, липиды и углеводороды (УВ)) их выделяли из воды методом мембранной фильтрации. Концентрацию липидов и УВ определяли ИК-методом, С_{орг} во взвеси и донных осадках определяли методом сухого сжигания на анализаторе АН-75 [1]. Полученные данные показали высокую дисперсность концентраций взвеси и УВ в поверхностных водах после паводка, как в рукавах дельты реки, так и в плюме. С приходом паводка содержание взвеси в основном русле реки (до разделения на рукава) возросло более чем в 20 раз (9,47 и 205 мг/л, соответственно), в приустьевой зоне моря в 2 раза (3 и 6 мг/л). При этом содержание УВ возросло лишь в 1,5 раза (195 и 274 мкг/л), взвешенного органического вещества в 3 раза (0,36 и 1,1 мг/л), что, вероятнее всего, связано с преимущественным возрастанием минеральной (терригенной) компоненты взвеси при увеличении стока реки, нежели органической. Величины σ (60 и 1.6 для взвеси в реке и плюме, соответственно) сравнимы с самими концентрациями, что так же связано с малым количеством станций. Согласно последним исследованиям, проведенным в Российской акватории Черного моря [2,3], плюмы малых и средних рек (Мезыб, Пшада, Вулан, Туапсе, Битха, Сочи, Кудепста, Мзымта) характеризовались высокими

концентрациями взвеси в морской воде. Причем, отношение между органической и минеральной составляющими взвеси в районе исследования постепенно уменьшается с севера на юг: реки севернее Туапсе несут относительно большое количество органической взвеси, а сама река Туапсе и реки южнее ее - в основном, минеральную взвесь.

Результаты исследований получены в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0016), обработка проб за счет средств РФ (проект № 14-27-00114-П), отбор проб в экспедиции за счет средств РФ (проект 14-50-00095)

Список литературы

1. Немировская И. А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). Москва : Научный мир, 2013. 432 с.
2. Завьялов П. О., Маккаев П. Н., Коновалов Б. В., Осадчиев А. А., Хлебопашев П. В., Пелевин В. В., Грабовский А. Б., Ижицкий А. С., Гончаренко И. В., Соловьев Д. М., Полухин А. А. Гидрофизические и гидрохимические характеристики морских акваторий у устьев малых рек Российского побережья Черного моря // Океанология. 2014. Т. 54, № 3. С. 293–308.
3. Осадчиев А. А., Коршенко Е. А. Плюмы рек северо-восточного побережья Чёрного моря при среднеклиматических и паводковых условиях стока // Комплексные исследования Мирового океана : материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых, г. Москва, 10-14 апреля 2017 г. Москва, 2017. С. 213–214.

ЭКОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И АДАПТАЦИЯ МОРСКИХ ЗВЕЗД ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Федюнин В.А., Поромов А.А., Смуров А.В.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: *Asterias rubens*, морские звезды, токсичность, металлы, биоконцентрация, целоциты, целомическая жидкость

Для изучения реакций организма морских звезд *A. rubens* на повышение концентрации металлов в морской воде в настоящей работе представлена серия экспериментов, проведенных для оценки воздействия ионов кобальта, марганца, железа, свинца, кадмия и меди на морских звезд *A. rubens* в лабораторных условиях. Оценивали выживаемость и изменение поведенческих реакций животных, был проведен морфофункциональный анализ клеток ЦЖ. Для изучения особенностей клеточного ответа морских звезд на воздействие металлами оценивали изменение числа циркулирующих в целомической жидкости клеток, а также распределение клеток по субпопуляциям. Были оценены жизнеспособность клеток, а также синтез специфических маркеров стресса при воздействии на морских звезд различными концентрациями меди. Полученные данные были соотнесены с экспериментальными концентрациями металлов в воде и биоконцентрацией металлов в телах морских звезд.

Наибольшее токсическое действие среди исследуемых металлов наблюдали для хлорида меди, проявляемое в гибели морских звезд, начиная с первых суток эксперимента в концентрации 0,78 мкМ. Гибель всех животных наблюдали на 4-ые сутки эксперимента при концентрации меди в аквариуме равной 3,9 мкМ. Свинец в концентрациях от 7,245 до 12,075 мкМ приводил к смертности от 30 до 80% животных в течение 7 суток эксперимента, 100%-ную гибель морских звезд отмечали при

концентрации свинца больше 13 мкМ. Похожие результаты получили для кадмия, однако, 100%-ную гибель морских звезд в экспериментах с кадмием не наблюдали. Для марганца и кобальта токсическое действие наблюдали лишь при концентрациях, значительно превышающих ПДК, развитие токсического действия при этом также происходило дольше по сравнению с медью, свинцом и кадмием. Гибель морских звезд в присутствии всех исследуемых концентраций железа не наблюдали.

Установлены полулетальные концентрации (LK_{50}), рассчитанные на основе четырехпараметрической логистической модели на 4 сутки экспозиции (96 часов). По значению LK_{50} металлы можно ранжировать по уменьшению токсичности в следующем порядке: медь ($LK_{50} = 0,98 \pm 0,16$ мкМ), свинец ($LK_{50} = 9,6 \pm 0,4$ мкМ), кадмий ($LK_{50} = 15,1 \pm 0,96$ мкМ), кобальт ($LK_{50} = 979,5 \pm 35,9$ мкМ), марганец ($LK_{50} = 1449,3 \pm 78,4$ мкМ).

Время переворота как показатель общей жизнеспособности морских звезд увеличивалось в присутствии всех исследуемых металлов. В наибольшей степени время переворота возрастало в ответ на воздействие ионами меди и свинца на 4-е сутки эксперимента. Медь значительно снижала скорость переворота (на 50%, полуэффективная концентрация, $ЭК_{50}$) при концентрации $1,88 \pm 4,1$ мкМ, ионы свинца вызывали такой же эффект при концентрации $9,5 \pm 1,12$ мкМ. Воздействие кадмия в концентрации выше 0,89 мкМ приводило к резкому увеличению времени переворота ($ЭК_{50} = 1,96 \pm 4,21$ мкМ), и, в отличие от остальных металлов, дальнейшее увеличение этого показателя не наблюдали, в диапазоне концентраций кадмия вплоть до летальных. Повышение концентрации железа, кобальта и марганца приводило к значительному увеличению скорости переворота морских звезд в высоких концентрациях, $ЭК_{50}$ составила $3,6 \times 10 \pm 7,7 \times 10$, 844 ± 29 , $8,7 \times 10 \pm 3,2 \times 10$ мкМ, соответственно.

Количество клеток в целомической жидкости в начале эксперимента составляло $52,7 \pm 43,7 \times 10^3$ /мкл (медиана $37,7 \times 10^3$ /мкл). После 5 дней воздействия наблюдали незначительное снижение среднего числа клеток у морских звезд в экспериментальном аквариуме ($35,2 \pm 9,6 \times 10^3$ /мкл). После 3 и 5 дней эксперимента среднее количество клеток целомической жидкости у морских звезд во всех экспериментальных аквариумах было значительно выше, чем у контрольных животных ($p < 0,05$). На 3 день эксперимента значительное увеличение числа клеток наблюдали при воздействии максимальными дозами свинца, меди и кадмия, за которым следовал рост смертности в этих группах через 5 дней от начала эксперимента.

Число клеток целомической жидкости увеличивалось после воздействия высокими концентрациями меди уже через 1 день и через 3 дня воздействия кадмием, свинцом, железом, кобальтом и марганцем.

Микроскопическое исследование клеточного состава целомической жидкости позволило выделить три различных клеточных морфотипа, а именно: агранулоциты (также называемые фагоцитарными амебоцитами), гранулоциты (также называемые красными сферическими клетками, или красными амебоцитами) и мелкие клетки.

На основании полученных результатов и данных литературы используемые в экспериментах металлы можно разделить на две группы: первая группа объединяет Cu^{2+} , Pb^{2+} и Cd^{2+} , воздействие которыми приводит к увеличению в целомической жидкости доли агранулоцитов относительно общего числа клеток; вторая группа включает в себя Mn^{2+} , Fe^{3+} и Co^{2+} , воздействие которыми приводит к увеличению в целомической жидкости доли гранулоцитов. Количество мелких клеток увеличивалось при воздействии всеми исследованными металлами.

В данной работе подтверждено увеличение числа мелких клеток при воздействии всеми исследуемыми металлами, что ранее показано другими авторами [1], и может представлять собой, с одной стороны, общий ответ организма на стресс и, с другой стороны, служить источником новых клеток.

В сравнительно-иммунологических исследованиях оценка спонтанного и индуцированного поглощения нейтрального красного в качестве стимуляторов использовали растворы хлорида меди ($\text{CuCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$) с концентрацией ионов меди равной 0, 0,78 мкМ, 1,95 мкМ и 3,91 мкМ. (фракции 1, 2, 3 и 4). В результате исследований было показано, что через 6 ч после начала эксперимента накопление нейтрального красного в лизосомах и цитоплазме интактных целомоцитов достоверно возросло от фракции 1 к фракции 3, а затем резко снизилось во фракции 4. При этом достоверные различия были зарегистрированы только между фракциями 1 и 3 ($p < 0,01$). Различия между средними в разных группах подтверждали дисперсионным анализом (ANOVA) ($p < 0,05$), проведенным с помощью программного обеспечения "R".

В рамках данной работы провели анализ уровня экспрессии белка HSC70 методом иммуноблоттинга с целью сравнения уровня его экспрессии в целомоцитах морских звезд *Asterias rubens*, содержащихся в экспериментальных аквариумах с различной концентрацией меди (0; 0,78; 1,95 и 3,91 мкМ). Было показано значимое увеличение в уровне экспрессии стресс белка-70 при увеличении концентрации меди во внешней среде (дисперсионный анализ, $p < 0,05$).

Биоконцентрация Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} и Co^{2+} в морской воде происходило эффективнее, чем Fe^{3+} . По данным нелинейной (логарифмической) модели эффективность биоконцентрации уменьшалась в следующем ряду: $\text{Pb} > \text{Cu} > (\text{Fe}) > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Co}$.

Список литературы

1. Козлова А. Б., Петухова О. А., Пинаев Г. П. Анализ клеточных элементов целомической жидкости на ранних сроках регенерации морской звезды *Asterias rubens* L. // Цитология. 2006. Т. 48, № 3. С. 175–183.

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА ПЕЧЕНИ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS* L. ИЗ БУХТ Г. СЕВАСТОПОЛЯ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Шилова Ю.Б.¹, Сербин А.Д.¹, Полевой Д.М.¹, Алемова А.С.¹, Скуратовская Е.Н.², Рыжилов М.С.²

¹Малая академия наук, г. Севастополь

²Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: морской ерш, печень, биомаркеры, севастопольская акватория

В настоящее время севастопольская морская акватория подвержена усиленному антропогенному воздействию. В нее попадают сточные воды, сливы с сельскохозяйственных угодий и морского транспорта. Поллютанты, поступающие в водную среду, поглощаются и накапливаются гидробионтами, вызывая реорганизацию обмена веществ, интоксикацию. Для обнаружения самых ранних изменений в метаболизме водных организмов используют биохимические показатели, позволяющие выявить механизмы воздействия неблагоприятных факторов среды на конкретные звенья обмена веществ, определить особенности структурно-функциональных перестроек при адаптации к изменяющимся условиям среды. Показатели белкового обмена отражают состояние организма в разных условиях обитания, характеризуют их адаптивные способности, интенсивность действия антропогенных факторов [1,3].

Цель работы заключалась в изучении некоторых показателей белкового обмена печени биоиндикаторного вида морского ерша *Scorpaena porcus* из бухт г. Севастополя с разным уровнем загрязнения (б. Ласпи, б. Казачья, б. Александровская).

В б. Ласпи донные отложения представлены в основном песками, слабо сорбирующими загрязняющие вещества (хлорорганические соединения (ХОС), нефтяные углеводороды (НУ)), концентрация которых в бухте значительно ниже, чем в других акваториях [1,2]. Донные отложения б. Казачьей представлены заиленными ракушняками и песками. Такие крупнозернистые осадки характеризуются хорошей промываемостью и малой сорбционной емкостью загрязняющих веществ, однако концентрация ХОС и НУ в грунтах б. Казачьей выше, чем в б. Ласпи. Б. Александровская, входит в состав Севастопольской бухты, перегруженной городскими застройками, промышленными предприятиями, причалами, и является одной из наиболее загрязненных акваторий города. Искусственное сужение входного пролива б. Севастопольской за счет сооружения защитных северного и южного молов в конце 1970-х гг. привело к снижению интенсивности водообмена с открытой частью моря на 40 – 70% в год, что способствовало ухудшению экологического состояния акватории. Концентрация основных загрязняющих веществ в Александровской бухте значительно выше, чем в б. Ласпи и б. Казачьей [1,2].

Отбор проб проводился в июне 2019 г. Материалом для биохимических исследований служила печень рыб. Печень несколько раз промывали холодным 0.85 % физраствором, гомогенизировали и центрифугировали (10000 g) 15 минут на холоду. Для дальнейшего анализа использовали супернатант. В супернатантах определяли активность аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), содержание альбумина, уровень окислительной модификации белков (ОМБ) методами, описанными ранее [3]. В качестве продуктов ОМБ регистрировали альдегидные (D346) и кетонные (D370) продукты нейтрального характера, а также альдегидные (D430) и кетонные (D530) продукты основного характера при 430 и 530 нм. Полученные данные пересчитывали с учетом содержания белка в экстрактах тканей. Концентрацию белка определяли с использованием стандартного набора реактивов «ОЛЬВЕКС». Достоверность различий между выборками оценивали с применением U-критерия Манна-Уитни.

Анализ биохимических параметров в печени морского ерша из севастопольских бухт с разным уровнем загрязнения позволил выявить ряд особенностей. Активность АСТ, содержание альбумина и уровень ОМБ при всех длинах волн в печени рыб из б. Александровской были достоверно выше, чем у экземпляров из б. Ласпи и б. Казачьей ($p < 0,05$). Активность АЛТ в печени ершей из б. Александровской достоверно превышала значения рыб из б. Ласпи ($p < 0,05$).

Альбумин принимает участие в транспорте различных веществ, является основным белком-антиоксидантом плазмы крови, в связи чем играет значительную роль в осуществлении процессов детоксикации организма. Повышенное содержание альбумина в печени рыб из наиболее загрязненной Александровской бухты может свидетельствовать об интенсификации синтеза белков, необходимых для транспорта и обезвреживания ксенобиотиков. В тоже время, накопление окисленных форм белков в печени рыб является следствием усиления процессов перекисного окисления и повреждения молекул в результате накопления в организме токсических веществ.

АЛТ и АСТ катализируют взаимопревращение аминокислот и α -кетокислот путём переноса аминогрупп, поэтому изменение их активности приводит к нарушению углеводного и белкового метаболизма. Аминотрансферазы обладают высокой чувствительностью к действию природных и антропогенных факторов и принимают участие в ответных реакциях организма на загрязнение среды обитания [3]. Существенное повышение активности АЛТ и АСТ в печени рыб из Александровской

бухты может быть обусловлено компенсаторной перестройкой белкового метаболизма и усилением функциональной нагрузки на печень в результате детоксикации.

Таким образом, на основании проведенного исследования установлено, что в печени морского ерша из наиболее загрязненной Александровской бухты происходит компенсаторная перестройка белкового метаболизма, интенсификация синтеза белков и их окислительной модификации. Комплекс исследованных показателей можно использовать в биодиагностике состояния прибрежных акваторий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-34-50005 («Наставник»).

Список литературы

1. Малахова Л. В., Скуратовская Е. Н., Малахова Т. В., Болтачев А. Р., Лобко В. В. Хлороорганические соединения в ерше *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 в акватории Севастополя (Чёрное море): пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, № 4. С. 51–63.
2. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / Под ред.: О.Г. Миронова, С.В. Алёмова; Институт морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН. Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2018. 276 с.
3. Rudneva I. I., Skuratovskaya E. N., Chesnokova I. I., Shaida V. G., Kovyrshina T. V. In: *Advances in Marine Biology. Biomarker response of Black Sea Scorpion Fish *Scorpaena porcus* to Anthropogenic Impact* (Editors: Adam Kovács and Patrik Nagy). Nova Science Publishers. Chapter 5. 2016. Vol. 1. P. 119–145.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ РАМАНОВСКИХ СПЕКТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПЛАСТИКОВ

Якимова К.В.¹, Мосунов А.А.¹, Сахонь Е.Г.²

¹Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

²Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: спектроскопия комбинационного рассеяния, рамановская спектроскопия, пластиковое загрязнение, микропластик

По мере развития химии стало возможным не только более эффективное использование природных материалов, но и синтез новых, не встречающихся в природе. Одним из таких веществ является пластик. Пластик нашёл широкое применение в быту, технике и медицине. По мере увеличения производства пластика стал актуален вопрос переработки и утилизации пластиковых отходов. Кроме скопления большого количества пластиковых отходов на суше, пластик представляет большую угрозу для Мирового океана. Взвесь пластиковых частиц напоминает зоопланктон, и медузы или рыбы могут принять их за пищу. Большое количество долговечного пластика (крышки и кольца от бутылок, одноразовые зажигалки) оказывается в желудках морских птиц и животных [1], в частности, морских черепах и черноногих альбатросов [2].

Длительное пребывание пластика в морской среде за счет механического, химического, термического и прочих воздействий приводит к его измельчению и превращению в микроскопическую фазу. Для нее невозможен стандартный способ

идентификаций, заключающийся в изучении соответствующей маркировки, или ряду физических свойств: цвет, структура, особенности горения. Используя метод рамановской спектроскопии (спектроскопии комбинационного рассеяния) можно получить спектры каждого вида пластика, объединить их в единую базу, после чего использовать ее для идентификации образцов микропластика из водной среды.

Настоящая работа проводилась на 3D сканирующем лазерном рамановском спектрометре Confotec NR500, который находится в научно-исследовательской лаборатории «Молекулярная и клеточная биофизика» Севастопольского государственного университета. В ходе исследований были получены спектры комбинационного рассеяния всех основных имеющих практическое значение видов пластика, а именно: полиэтилентерефталат (ПЕТ, ПЭТ), полиэтилен высокой плотности низкого давления (ПЕНД, ПЭНД), поливинилхлорид (PVC, ПВХ), полиэтилен низкой плотности высокого давления (LDPE, ПВД), полистирол (PS, ПС), полипропилен (PP, ПП). В качестве образцов для исследований выбирались изделия, изготовленные из того или иного типа пластика, имеющие соответствующую международную маркировку. Во избежание двойственности результатов в работе использовались образцы с однозначной маркировкой.

Для всех измерений была применена одинаковая методика, однако конкретные параметры съемки спектра варьировались от образца к образцу для получения наиболее качественного результата. Спектры регистрировались в нескольких произвольно выбранных точках образца, после чего происходило их сравнение. В случае, если спектры совпадали, они фиксировались в памяти компьютера для дальнейшего занесения в базу. Если в полученных спектрах обнаруживались значительные отличия, эксперимент повторялся до получения хорошего совпадения кривых в разных точках образца.

Полученные спектры сравнивались с описанными в литературе спектрами комбинационного рассеяния для всех типов пластика. Важно отметить, что авторы работ, чьи спектры мы использовали в качестве эталонных, проводили исследование исходного сырья для изготовления соответствующих пластиков. Наши результаты для подавляющего количества образцов показали совпадение внешнего вида кривой и значений характеристических частот спектров в пределах погрешности. По нашему мнению, это свидетельствует о том, что технологический процесс изготовления конкретного изделия не вносит заметных искажений в рамановский спектр пластика и определяется только его типом. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что предложенный нами метод может быть применен для исследования и определения типа микропластика из водной среды (а равно и любого другого источника) по его характеристическому спектру.

Таким образом, созданная нами база рамановских спектров может быть использована для определения и типизации образцов микропластиков (МП) из любого источника. Тот факт, что в состав рамановского спектрометра входит достаточно мощный оптический микроскоп, позволяет проводить изучение объектов с размером вплоть до долей микрона, что охватывает весь диапазон частиц, которые в настоящее время принято относить к МП.

МП принято считать частицы с размерами от 0,3 (0,5) до 5,0 мм, включающие в свой состав как первичные пластиковые грануляты, изначально имеющие микроскопические размеры и широко применяемые в косметологии и бытовой химии, так и частицы образованные в результате деградации крупных объектов (в первую очередь, пластиковой тары и посуды).

Остается открытым вопрос по изменению химического состава пластика при деградации, «старении», в таких агрессивных средах как морская вода. Любое химическое изменение материала отражается на форме сигнала спектроскопии

комбинационного рассеяния. В дальнейшем база будет пополняться данными «состаренных» полимерных материалов для более достоверной идентификации материала, что представляется нам актуальным вопросом при определении состава МП в экологическом мониторинге.

Создание базы для идентификации полимеров позволит более полно использовать метод рамановской спектроскопии как инструмент мониторинговых исследований, Мирового океана и внутренних вод [3].

Список литературы

1. Anthony L., Andrady microplastics in the marine environment // *Marine Pollution Bulletin*. 2011. Vol. 62, iss. 8. P. 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
2. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R. C., Thiel. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // *Environmental Science and Technology*. 2012. Vol. 46, no. 6. 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
3. Литвинюк Д. А., Сахонь Е. Г., Багаев А. В. Методика отбора проб, сепарации и количественного учёта частиц микропластика в поверхностных водах Севастопольской бухты // *Комплексные исследования Мирового океана [КИМО-2019] : материалы IV Всерос. науч. конф. молодых ученых, г. Севастополь, 22-26 апреля 2019 г. Севастополь : ФГБУН МГИ, 2019. С. 253-254. http://mhiras.ru/assets/files/sbornik_KIMO-2019.pdf*

Электронное научное издание

ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ – 2019

XI Всероссийская научно-практическая конференция
для молодых учёных по проблемам водных экосистем,
посвященная памяти д.б.н., проф. С. Б. Гулина

Материалы конференции

Верстка сборника
Рычкова В. Н., Баяндин А. С.

Дизайн обложки
Баяндина Ю. С.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени
А. О. Ковалевского РАН»
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
тел. + 7 (8692) 54–41–10
факс + 7 (8692) 55–78–13
E-mail: imbr@imbr-ras.ru

ISBN 978-5-6042938-2-9



9 785604 293829