ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН

Pontus Euxinus • 2023 • Sevastopol • 2023

1871
ИнБЮМ – IBSS

The Society of Junior ReSEArchers
A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

Понт Эвксинский - 2023

XIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем, посвященная 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ

Материалы конференции

9-14 октября 2023 г.
г.Севастополь

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

PONTUS EUXINUS
ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ
XIII

PONTUS EUXINUS-2023

XIII All-Russian scientific and applied conference with international participation for young researchers on the problems of aquatic and terrestrial ecosystems, dedicated to the 60th anniversary of the transformation of the Sevastopol Biological Station into IBSS

Conference proceedings

Sevastopol, 9–14 October, 2023

Sevastopol
IBSS
2023

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

PONTUS EUXINUS
ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ : XIII

Pontus Euxinus 2023 Sevastopol 2023

ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ – 2023

XIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем, посвященная 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ

Материалы конференции

Севастополь, 9–14 октября 2023 г.

Севастополь
ФИЦ ИнБЮМ
2023

УДК 574(06)
ББК 28.08.3я4
П56

П 56 **Понт Эвксинский – 2023** : материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем, посвященной 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ, г. Севастополь, 9–14 октября 2023 г. – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2023. – 121 с.
ISBN 978-5-6048081-7-7

В сборник вошли тезисы докладов молодых ученых России, Республик Беларусь и Абхазия, затрагивающие различные аспекты современной биологии. В публикациях авторов представлены результаты научных исследований в области динамики численности и генетической дифференцировки представителей водных и наземных экосистем, особенностей их жизненного цикла. Освещаются проблемы влияния абиотических и антропогенных факторов на отдельные организмы и экосистему в целом. Рассматриваются методы оценки экологического статуса биотопов. В ряде работ применялись современные методы исследования, такие как метабаркодинг ДНК, ОТ-ПЦР, метод ДНК-комет, спутниковый мониторинг и суперкомпьютерное моделирование.

Сборник составлен по материалам докладов на XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем «Понт Эвксинский – 2023», посвященной 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ (г. Севастополь, 9–14 октября 2023 г.).

Сборник рассчитан на молодых специалистов проблематика исследований которых связана с водными и наземными экосистемами.

УДК 574(06)
ББК 28.08.3я4

Pontus Euxinus – 2023 : scientific reports of the XIII All-Russian scientific and applied conference with international participation for young researchers on the problems of aquatic and terrestrial ecosystems, dedicated to the 60th anniversary of the transformation of the Sevastopol Biological Station into IBSS, Sevastopol, 9–14 October, 2023. – Sevastopol : IBSS, 2023. – 121 p.

Conference proceedings include abstracts of reports of young researchers from Russia, the Republics of Belarus and Abkhazia, touching on various aspects of modern biology. The abstracts highlight the results of research in the field of population dynamics and genetic differentiation of representatives of aquatic and terrestrial ecosystems and the features of their life cycle. The problems of the influence of abiotic and anthropogenic factors on individual organisms and the ecosystem as a whole are considered. Methods for assessing the ecological status of biotopes are described. In a number of works, modern research methods were used, such as DNA metabarcoding, RT-PCR, comet assay to measure DNA, satellite monitoring, and supercomputer modeling.

Conference proceedings were prepared on the basis of reports at the XIII All-Russian scientific and applied conference with international participation for young researchers on the problems of aquatic and terrestrial ecosystems "Pontus Euxinus – 2023", dedicated to the 60th anniversary of the transformation of the Sevastopol Biological Station into A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS) (Sevastopol, 9–14 October, 2023).

Conference proceedings are of interest for young researchers in research in aquatic and terrestrial ecosystems.

Материалы опубликованы с сохранением авторской редакции.

Печатается по решению ученого совета
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
(протокол № 12 от 01.11.2023).

ISBN 978-5-6048081-7-7

ОРГАНИЗАТОРЫ

Совет молодых ученых Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, Россия, smus@imbr-ras.ru

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель программного комитета: *Горбунов Роман Вячеславович,* д.г.н., ФИЦ ИнБЮМ

Члены программного комитета:

Андреева Александра Юрьевна, к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Андреенко Татьяна Ивановна к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Ануфриева Елена Валерьевна д.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Водясова Екатерина Александровна к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Довгаль Игорь Васильевич д.б.н., профессор ФИЦ ИнБЮМ
Кладченко Екатерина Сергеевна, к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Малахова Татьяна Владимировна к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ
Солдатов Александр Александрович д.б.н., профессор, ФИЦ ИнБЮМ
Челебиева Элина Сергеевна к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: *Скуратовская Екатерина Николаевна*, к.б.н., ФИЦ ИнБЮМ

Заместитель председателя оргкомитета: *Войцеховская Вероника Викторовна*, ФИЦ ИнБЮМ

Секретарь конференции: *Кохан Алена Сергеевна* секретарь, ФИЦ ИнБЮМ

Члены организационного комитета

Абибулаева А. Ш., ФИЦ ИнБЮМ
Белогурова Р. Е., к.б.н, ФИЦ ИнБЮМ
Горбунова Т. Ю., к.г.н., ФИЦ ИнБЮМ
Дикарева Ю. Д., ФИЦ ИнБЮМ
Жондарева Я. Д., ФИЦ ИнБЮМ
Калюжная С. Н., НИЦ ПСГ, ФИЦ ИнБЮМ
Келип А. А., ФИЦ ИнБЮМ
Ляшко Т. В., ФИЦ ИнБЮМ
Миронюк О. А., ФИЦ ИнБЮМ
Подольская М. С., ФИЦ ИнБЮМ
Рычкова В. Н., ФИЦ ИнБЮМ
Скороход Е. Ю., ФИЦ ИнБЮМ
Ткачук А. А., ФИЦ ИнБЮМ

ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ

ППО ИнБЮМ

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

Научно-производственная компания СИНТОЛ
127434, Москва, Тимирязевская 42, корпус Б, офис 316
www.syntol.ru

Компания «Спектроника»
129226, г. Москва, ул. Докукина, д. 16, стр. 1
www.spektronika.ru

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И АКВАКУЛЬТУРА

БИОФИЗИКА И ХИМИЯ МОРЯ

МОРСКАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ РЕКИ САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Белогурова Р. Е.[1,2], Губанов В. В.[1], Аблязов Э. Р.[1], Шавриев Д. Г.,[1]
Карпова Е. П.[1,2], Куршаков С. В. [1,2], Прокопов Г. А. [1,2,3], Овечко С. В. [1,2]

[1]ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь
[2]ФГБНУ «Научно-исследовательский центр солоноватоводной и пресноводной
гидробиологии», г. Херсон
[3]ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,
г. Симферополь

Ключевые слова: река Салгир, река Биюк-Карасу, ихтиофауна, таксономический состав, Крымский полуостров, аборигенные и чужеродные виды.

За последние 100 лет экосистема рек Крымского полуострова ввиду их малого самовосстановительного потенциала и чувствительности к действию различных факторов претерпела ряд изменений, в основном, под влиянием хозяйственной деятельности (гидростроительство, интенсивный водозабор, загрязнения и многие другие). При этом особенностью малых рек Крыма являются низкое видовое разнообразие фауны при довольно высоком уровне ее эндемизма [1, 2, 3]. С целью оценки современного состояния рыбного населения р. Салгир и ее притока р. Биюк-Карасу был осуществлен ряд ихтиологических и гидробиологических исследований.

Работы проводили с мая по август 2023 г. Рыб отбирали ручными сачками с ячеей диаметром 3–5 мм, волокушей (6 мм) и жаберными сетями с ячеей 10 и 18 мм. Рыб идентифицировали с помощью определителей [4]. В р. Салгир исследования осуществляли в верхнем течении выше и ниже Симферопольского водохранилища (с. Доброе и с. Белоглинка, Симферопольский р-н) и среднем течении (с. Молочное, Красногвардейский р-н и с. Новогригорьевка, Нижнегорский р-н), в р. Биюк-Карасу в среднем (с. Белая Скала и с. Зыбины, Белогорский р-н) и нижнем течении (с. Уваровка, Нижнегорский р-н). На каждой станции замеряли температуру воды в потоке в тени, определяли жесткость воды прибором TDS-3.

Салгир – река северо-восточного макросклона Крымских гор. Состав его ихтиофауны в верхнем течении зависит от паводкового режима. На участке в р-не с. Доброе по литературным данным отмечались южная быстрянка *Alburnoides maculatus*, крымский усач *Barbus tauricus*, голавль *Squalius cephalus* [1, 2]. В 2023 г. помимо указанных видов, в верхнем течении нами обнаружены синец *Ballerus ballerus,* гольян *Phoxinus phoxinus*, обыкновенный окунь *Perca fluviatilis*, пескарь крымский *Gobio krymensis.* Жесткость воды составила 363 ppm в июле при t=24,5 ºС, в августе – 355 ppm при t=24,0 ºС. Ниже Симферопольского водохранилища у с. Белоглинка нами отмечены молодь и взрослые особи голавля. Жесткость воды в июле составила 418 ppm при t=22,0 ºС, в августе – 540 ppm при t=21,5 ºС.

В среднем течении р. Салгир представляет собой земляной канал, постоянно заполненный водой с сильным течением, богатый водной и околоводной растительностью. По литературным данным на этом участке по численности и биомассе преобладали горчак *Rhodeus amarus*, бычок кругляк *Neogobius* *melanostomus*, уклея *Alburnus alburnus* и голавль, в меньших количествах представлены серебряный карась *Carassius gibelio*, плотва *Rutilus rutilus*, пескарь, чебачок амурский *Pseudorasbora parva*, бычок головач *Ponticola kessleri*, трубконосый бычок *Proterorhinus marmoratus.* Единичны верховка *Leucaspius delineatus*, щиповка обыкновенная *Cobitis taenia*, и книповичия длиннохвостая *Knipowitschia longecaudata* [1, 2]. Нами отмечены щиповка, бычки кругляк, головач и трубконосый, уклея, горчак, чебачок и молодь карася, а также пескарь, бычки песочник *N. fluviatilis* и гонец *P. gymnotrachelus.* Жесткость воды у с. Молочное составила в июле 498 ppm при t=23,5 ºC, у с. Новогригорьева – 530 ppm при t=25,0 ºC, в августе – 548 ppm при t=25,0 ºC и 707 ppm при t=25,3 ºC соответственно.

Биюк-Карасу – правый приток Салгира, наиболее полноводная среди всех рек северо-восточного макросклона, отличающаяся своими гидрологическими характеристиками и обладающая богатой аборигенной ихтиофауной [2]. По литературный данным, основные виды в среднем течении р. Биюк-Карасу – голавль, пескарь крымский, усач крымский и шемая крымская [1, 2]. Нами отмечены все эти виды, кроме пескаря. В период работ жесткость воды в р. Биюк-Карасу составляла 169 ppm при t=22,0 ºC у с. Белая Скала, 177 ppm при t=22,5 ºC у с. Зыбины (среднее течение) и 184 ppm при t=26,5 ºC у с. Уваровка (нижнее течение).

В нижнем течении река Биюк-Карасу имеет равнинный характер со слабым течением и сильно заиленным дном. По литературным данным, нативная ихтиофауна этой части реки наиболее бедная и в начале XX века здесь отмечались только пескарь и бычок-песочник [2]. После запуска Северо-Крымского канала фауна рыб пополнилась чужеродными днепровскими видами и в начале 2000-х здесь были многочисленны горчак, плотва, уклея, красноперка *Scardinius erythrophthalmus*, а также бычки песочник, гонец и головач, отмечались в меньших количествах чебачок амурский, карась серебряный, лещ *Abramis brama*, щука *Esox lucius* и окунь обыкновенный [2]. На этом участке нами в массе отмечена красноперка, единично щука, а также бычковые рыбы и обыкновенная щиповка.

Таким образом, в период с мая по август 2023 г. в р. Салгир и Биюк-Карасу нами обнаружено 18 видов рыб. Зафиксировано небольшое количество либо полное отсутствие аборигенных видов рыб (гольян, быстрянка, голец) на типичных для них участках. Численность рыб зависит от локальных характеристик реки на определенном участке – скорости течения, наличия или отсутствия заводей, убежищ, уровня воды, характера дна и т. д. Нарушение морфологии и целостности водных биотопов, в том числе, и при работах по расчистке русла рек с использованием тяжелой техники, ведет к деградации нативных биоценозов, в результате чего в реках образуются участки, по характеристикам близкие к лентическим водоемам, заселяемые чужеродными видами.

Работа подготовлена в рамках государственного задания НИЦ ПСГ 102320600002-2-1.6.17 «Изучение особенностей структуры и динамики пресноводных экосистем Северного Причерноморья», а также частично в рамках гостем ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ 121030100028-0) и «Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия» (№ 121040500247-0).

Список литературы

1. Пузанов И. И. Своеобразие фауны Крыма и ее происхождение // Ученые записки Горьковского университета. 1949. Вып. 14. С. 5–32.

2. Карпова Е. П. Трансформация сообществ рыб водоемов Крымского полуострова под воздействием антропогенных факторов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Нижний Новгород, 2017. 22 с.

3. Karpova E. P. Dynamics of the Structure and Diversity of Fish Communities in Mountain Rivers of the Crimea Based on the Example of the Alma River // Russian Journal of Ecology. 2020. Vol. 51, iss. 2. P. 166–173. https://doi.org/10.1134/S106741362002006X

4. Мовчан Ю. В., Смірнов А. І. Фауна України. Т. 8. Риби. Вип. 2. Коропові. Ч. 2. Київ : Наукова думка, 1983. 360 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ ЗАЛИВА ДОНУЗЛАВ (ЗАПАДНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Белогурова Р. Е.[1,2], Карпова Е. П.[1,2], Аблязов Э. Р.[1]

[1]ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь
[2]ФГБНУ «Научно-исследовательский центр солоноватоводной и пресноводной гидробиологии», г. Херсон

Ключевые слова: залив Донузлав, коса Беляус, Чёрное море, ихтиофауна, таксономический состав, вселенцы.

Природные экосистемы прибрежных зон Мирового океана испытывают усиливающееся антропогенное воздействие на протяжении ряда десятилетий. Среди водоёмов Крыма, наиболее подверженных антропогенным преобразованиям, выделяется залив Донузлав – уникальный полузакрытый водоем в западной части полуострова. В 1961 году в пересыпи, отделяющей залив от Чёрного моря, был прорыт канал с фарватером, соединивший его с морем и приведший к серьезным гидрохимическим изменениям в акватории. Первые гидробиологические исследования в заливе проведены в 1981 г. в рамках организации разработки подводного месторождения строительного песка. В то же время, его ихтиофауна исследована неполно – в таксономических списках, опубликованных в конце XX в., отмечается, что процесс формирования рыбного населения Донузлава еще не завершен [1]. Таким образом, с учётом недостаточной изученности ихтиофауны данной акватории и антропогенной нагрузки на нее, целью работы является выявление современного состояния ихтиофауны залива Донузлав.

Материал собран в ходе экспедиционных исследований на западном побережье Крымского полуострова. Отбор проб осуществлялся в тёплый период в заливе Донузлав в 2008, 2009, 2011–2014 и 2017 годах, в акватории косы Беляус – в 2007 и 2017 годах на 13 станциях. Сбор материала выполняли различными орудиями лова: ручными сачками с диаметром ячеи 3–6 мм, жаберными сетями с шагом ячеи 12–14 мм и 18–20 мм, креветочными вентерями с ячеёй 6 мм.

За весь период исследований фауны залива Донузлав после его соединения с Чёрным морем с 1981 по 1999 гг. с учетом собственных данных было зарегистрировано 65 видов рыб. Рыбы, отмеченные в заливе, принадлежат 34 семействам. Среди них наибольшим количеством видов отличается семейство бычковых (Gobiidae) – 13 видов; семейство игловых (Syngnathidae) было представлено 6 видами. По 5 видов рыб насчитывают семейства губановые (Labridae) и собачковые (Blennidae), семейство кефалевых (Mugilidae) – 4 вида. По 2 вида рыб включают семейства осетровые (Acipenseridae), лировые (Callionymidae) и тресковые (Gadidae). Остальные 26 семейств насчитывают по одному виду.

Для залива Донузлав и акватории косы Беляус было отмечено 13 ранее не встречавшихся видов, при этом два вида – златоглавый бычок *Gobius xantocephalus* и лысун Бата *Pomatoschistus bathi*, впервые отмеченные в Черном море в 2004 г., обнаружены нами в Донузлаве в 2008 г. [2, 3]. Оба вида – представители типично средиземноморского фаунистического комплекса, и их распространение вдоль побережья Чёрного моря – результат перманентного процесса медитерранизации.

Еще 3 вида бычковых, не отмеченных ранее, являются понто-каспийскими эндемиками – это бычки песочник *Neogobius fluviatilis*, рыжик *Ponticola eurycephalus* и цуцик *Proterorhinus marmoratus*. Бычок-рыжик – типичный представитель ихтиофауны западного побережья Крыма и предпочитает каменистые биотопы данной акватории, так же, как и не обнаруженный ранее бычок-кругляш *G. cobitis*. Возможно, отсутствие этих видов в предыдущих уловах объясняется их более поздним распространением вдоль западного побережья Крыма в залив Донузлав.

Для бычков песочника и цуцика открытые акватории нехарактерны: устойчивые популяции этих видов сформированы в Ярылгачской бухте и восточной части Каркинитского залива Чёрного моря (северо-западный Крым), поэтому их появление в заливе Донузлав может объясняться несколькими причинами: либо они распространились из Каркинитского залива вдоль западного побережья Крыма и освоили новые для себя районы, либо проникли сюда через кутовую часть Донузлава, подверженную распреснению, во время работы Северо-Крымского канала и являются представителями днепровского фаунистического комплекса.

В кутовой части залива, подверженной распреснению, отмечена молодь обыкновенного окуня *Perca fluviatilis*. Очевидно, это не единственный представитель пресноводной фауны в данном водоеме, поскольку по сведениям, полученным от местных рыбаков, здесь встречаются и карповые рыбы, проникающие из верхнего каскада озер.

Таким образом, за 50-летний период исследований фауны рыб залива Донузлав и акватории косы Беляус отмечается преобладание видов, морских по происхождению, которые насчитывают 85–87% от всего состава ихтиофауны. В настоящее время наблюдается увеличение доли солоноватоводных понто-каспийских эндемиков (9%) по сравнению с 1980–1990 гг. (6%).

Практически все новые для залива Донузлав и акватории косы Беляус виды, отмеченные в современный период – это осёдлые придонные или донные рыбы, кроме остроноса *Chelon saliens*. Очевидно, процесс заселения залива мигрирующими видами в настоящее время завершен, а встречающиеся нам осёдлые формы либо не были обнаружены ранее ввиду особенностей используемых орудий лова, либо они вселились в течение последующих 10–20 лет.

Работа подготовлена в рамках государственных заданий ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ 121030100028-0) и «Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия» (№ 121040500247-0).

Список литературы

1. Болтачев А. Р., Зуев Г. В. Состав и экологическая структура ихтиофауны лимана Донузлав (северо-западный Крым) // Вопросы ихтиологии. 1999. Т. 39, № 1. С. 57–63.

2. Болтачев А. Р., Карпова Е. П. Фаунистическая ревизия чужеродных видов рыб в Черном море // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7, № 3. С. 2–26.

3. Васильева Е. Д., Богородский С. В. Два новых вида бычков (Gobiidae) в ихтиофауне Черного моря // Вопросы ихтиологии. 2004. Т. 44, № 5. С. 599–606.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА МИГРАЦИЮ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОЙ ХАМСЫ (*ENGRAULIS ENCRASICHOLUS* LINNAEUS, 1758) В ВОДЫ АБХАЗИИ

Дбар Р. С[1,2], Гамахария П. Д[1]

[1]Институт Экологии Академии наук Абхазии (ИЭ АНА), г. Сухум
[2]Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: Европейский анчоус, внутрипопуляционная структура, регрессионный анализ, зимовальные скопления, динамика промысла, Абхазия.

На основе имеющихся данных за двенадцатилетний период (2011/2023 гг.) проанализированы данные по промыслово-биологической структуре популяции зимующего в прибрежных водах Абхазии Европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus Linnaeus,* 1758. Работа имеет важное теоретическое и прикладное значения для рыбохозяйственной отрасли, поскольку позволяет объяснить динамику запасов анчоуса, зимующего у берегов Абхазии.

Показаны особенности формирования и пространственного распределения запасов анчоуса и влияние на эти процессы температурного режима моря. Проведен внутривидовой анализ популяционных параметров.

Целью работы был анализ влияния температуры на формирование зимовальных скоплений хамсы в акватории Абхазии. оценка ее современного субпопуляционного состояния на основе проводимых исследований и выявление закономерностей динамики биологических характеристик хамсы, зимующей у ее берегов.

Для понимания процессов, влияющих на формирование запаса азово-черноморской хамсы в водах Абхазии кроме биометрического анализа необходимо провести анализ зависимости между биомассой запаса и факторами среды [1]. Поскольку в последние годы все чаще наблюдаются резкие колебания запасов, необходимо было установить зависимость, с помощью которой можно дать оценку состояния запаса и объяснить причины провальной путины [2, 3].

С учетом, имеющихся данных по структуре запаса хамсы [4], мы провели регрессионный анализ зависимостей между величиной запаса и основными факторами среды.

Для оценки зависимости между температурой и биомассой, зимующей в водах Абхазии хамсы, были выбраны 10 точек в прибрежной части Черного моря. Шесть из них приходилось на турецкие воды, три – на грузинские и три – на абхазские. Данные анализировались с сентября по декабрь включительно каждые сутки. В результате по данным регрессионного анализа зависимости биомассы мигрирующей хамсы от температуры в период зимней миграции, мы видим корреляцию между этими данными, которая равна 0,8598.

Данные по регрессионному анализу в летние и зимние месяцы не проводились. Данные по корреляционному анализу зависимости миграций от течений дали отрицательный показатель. Данные по регрессионному анализу зависимости биомассы зимующей и мигрирующей хамсы от ветров не дали положительной корреляции ни в один из месяцев рассматриваемого периода.

Следовательно, можно предполагать зависимость биомассы мигрирующей и зимующей хамсы от температуры в осенние месяцы и частичную зависимость от течений в осенние месяцы мигрирующей и зимующей в водах Абхазии хамсы. При этом имеет значение скорость течений. Большая зависимость наблюдается от течений, скорость которых выше. Зависимости скорости миграций от ветров мы не наблюдали.

Список литературы

1. Дбар Р. С., Гамахария П. Д. Многолетняя динамика промысла и размерно-возрастной структуры уловов хамсы (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758), зимующей у берегов Абхазии // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. г. Керчь, 28–30 сентября 2020 г. Симферополь : Ариал, 2020. С. 298–303. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43095471

2. Зуев Г. В. Современная популяционная структура Европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* L. (Engraulidae: Pisces) в Черном и Азовском морях и история ее формирования // Морской биологический журнал. 2019. Т. 4, № 1. С. 45–62. https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.1.05

3. Castilla-Espino D., García-del-Hoyo J. J., Metreveli M., Bilashvili K. Fishing capacity of the southeastern Black Sea anchovy fishery // Journal of Marine Systems. 2014. Vol. 135. P. 161–170. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.04.013

4. Demir M., Lenhart S. Optimal sustainable fishery management of the Black Sea anchovy with food chain modeling framework // Natural Resource Modeling. 2020. Vol. 33, iss. 2. P. 65–84. https://doi.org/10.1111/nrm.12253

О НЕКОТОРЫХ СИНАНТРОПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ГОРОДА ОКТЯБРЬСКИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гладких С. И., Голованов Я. М.

Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа

Ключевые слова: городская растительность, метод Браун Бланке, продромус.

Увеличение антропогенной нагрузки приводит к распространению процессов синантропизации растительного покрова. На территориях городов представлены разнообразные экотопы, которые являются благоприятным местом для адаптации пришлых видов с их последующем внедрением в естественные сообщества. Вышеобозначенные факты делают изучение состояния флоры и растительности городов одним из наиболее актуальных направлений городской экологии. Синантропная флора и растительность городов запада Предуралья республики Башкортостан, в том числе города Октябрьский, ранее не изучалась.

Цель работы – описание синтаксонов синантропной растительности города Октябрьский Республики Башкортостан.

Задача – изучить состояние некоторых синантропных растительных сообществ города Октябрьский Республики Башкортостан.

Городской округ город Октябрьский расположен в Туймазинском районе республики Башкортостан (54°28′53″N, 53°28′15″E.). Общая площадь составляет 99 км^2, основан в 1946 г. Согласно геоботаническому районированию по П.П. Жудовой [1], Октябрьский относится к Белебеевскому району Бакалы-Белебеевского округа широколиственно-лесной зоны. Всего выполнено 60 геоботанических описаний (за авторством Я.М. Голованова), применялся маршрутный метод. Обилие видов оценивалось по шкале Ж. Браун-Бланке. Классификация приведена по методу Браун-Бланке. Для обработки данных применялась база данных TURBOWIN и программа JUICE.

В ходе проведенных исследований было выявлено, что на настоящий момент описанные синантропные сообщества города представлены 2 вариантами, 2 субассоциациями, 15 ассоциациями, 1 сообществом из 5 порядков, 6 союзов и 4 классов [2]. Ниже приведен продромус выявленных синтаксонов.

Класс *Sisymbrietea* Gutte et Hilbig 1975
Порядок *Sisymbrietaliasophiae* J. Tx. ex Görs 1966
Союз *Atriplicion* Passarge 1978
Асс. *Chenopodietumstricti* (Oberdorfer 1957) Passarge 1964
Асс. *Conyzo canadensis–Lactucetum serriolae* Lohmeyer in Oberdorfer 1957
Сообщество *Lactucatatarica*
Класс *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951
Порядок *Onopordetaliaacanthii* Br.-Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944
Союз *Onopordionacanthii* Br.-Bl. et al. 1936
Асс. *Carduetumacanthoidis* Felföldy 1942
Асс. *Potentilloargenteae–Artemisietumabsinthii* Faliński 1965
Союз *Dauco-Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971
Асс. *Melilotetumalbi-officinalis* Sissingh 1950
Асс. *Tanaceto vulgaris–Artemisietum vulgaris* Sissingh 1950
Вар. *Tanacetum vulgare*
Асс. *Rudbeckiolaciniatae–Solidaginetum canadensis* Tüxen et Raabe ex Anioł-Kwiatkowska 1974
Вар. *Solidago gigantea*
Порядок *Agropyretaliaintermedio–repentis* T. Müller et Görs 1969
Союз *Convolvulo arvensis–Agropyrionrepentis* Görs 1967
Асс. *Convolvulo arvensis–Elytrigietumrepentis* Felföldy 1943
Асс. *Convolvulo arvensis–Brometuminermis* Eliáš 1979
Асс. *Cirsiosetosi–Elytrigietumrepentis* Ishbirdin in Ishbirdin et al. 1988
Асс. *Calamagrostidetumepigei* Kostiljov in V. Solomakha et al. 1992
Класс *Polygono–Poeteaannuae* Rivas-Mart. 1975
Порядок *Polygonoarenastri–Poetaliaannuae* Tx. in Gehu et al. 1972 corr. Rivas-Mart. et al. 1991
Союз *Polygono-Coronopodion* Sissingh 1969
Асс. *Polygonetumarenastri* Gams 1927 corr. Láníková in Chytrý 2009
Субасс. *P. a. typicum*
Субасс. *P. a. atriplicetosumtataricae* Klimeš 1989
Асс. *Polygonoavicularis–Hordeetumjubati* Abramova et Golovanov 2016
Класс *Epilobieteaangustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951
Порядок *Arctiolappae–Artemisietalia vulgaris* Dengler 2002
Союз *Arctionlappae* Tx. 1937
Асс. *Arctietumlappae* Felföldy 1942
Асс. *Leonuro-Arctietumtomentosi* Felföldy 1942

Наибольшим бета-разнообразием обладают сообщества класса *Artemisietea vulgaris*. В его состав входят ценозы, отмечающиеся как по пустырям, заброшенным садово-огородным участкам, у строений (порядок *Onopordetalia acanthii*), так и по откосам путей сообщения, залежам, сильно рудерализованным луговинам (порядок *Agropyretalia intermedio–repentis*). Самостоятельные сообщества образует инвазионный вид североамериканского происхождения – *Solidago gigantea.* В подобных ценозах приобладают такие виды, как: *Artemisia absinthium, Echium vulgare, Lappula squarrosa* и др. По стройплощадкам и прочим местообитаниям с перемещенными грунтами распространены ценозы класса *Sisymbrietea.* Подобные сообщества образованы однолетними сорными видами: *Atriplex patula, A. sagittata, Crepis tectorum* и др. Большие площади в пределах селитебной зоны занимают ценозы класса *Polygono–Poeteaannuae* развивающаяся на местообитаниях, подверженных вытаптыванию и перевыпасу, с преобладанием однолетних видов растений: *Lepidium ruderale, Plantago major, Poa annua, Polygonum aviculare.* Самостоятельные сообщества образует инвазионный вид североамериканского происхождения *Polygonum aviculare* (ассоциация *Polygonoavicularis–Hordeetumjubati*). Для теневых нарушенных местообитаний характерно присутствие синтаксонов класса *Epilobietea angustifolii.* К характерным видам класса на территории города относятся: *Arctium tomentosum, A. lappa, Artemisia vulgaris, Galium aparie, Geum urbanum* и др.

Несомненно, дальнейшие исследования дополнят синтаксономию синантропной растительности как г. Октябрьского, так и западных районов Башкортостана в целом.

Список литературы

1. Жудова П П Геоботаническое районирование Башкирской АССР. Уфа : Башкнигоиздат, 1966. 124 с.

2. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / С. М. Ямалов, В. Б. Мартыненко, Л. М Абрамова, В. Б. Голуб, Э. З Баишева, А. В. Баянов. Уфа : АНРБ, Гилем, 2012. 100 с.

ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВЕЛИКОЙ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 ГОДА

Дрозденко Т. В., Тимофеев И. В., Войтёнок П. А.

ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет», г. Псков

Ключевые слова: биоиндикация, фитопланктон, сапробность, качество воды.

Фитопланктон – важный компонент водных экосистем, изучение которого является необходимым для охраны водных объектов. Альгологические исследования способствуют выявлению неблагоприятных изменений в экосистеме водоёма даже при краткосрочном мониторинге [1]. Дельта р. Великой – уникальный природный комплекс, находящийся на стыке р. Великой и Чудско-Псковского озера, где создаются особые условия среды, что отражается на сообществах фитопланктона [2].

Цель работы – исследовать фитопланктон и качество воды дельты р. Великой в осенний период 2020 г.

Пробы фитопланктона отбирали в октябре 2020 г. с поверхностного слоя пяти постоянных станций дельты р. Великой, фиксировали формалином, концентрировали осадочным способом и обрабатывали стандартными методами. Индекс сапробности рассчитывали по методу Пантле–Букк [3].

В ходе исследований в дельте р. Великой всего обнаружено 93 таксона водорослей рангом ниже рода из 7 отделов: Bacillariophyta (44 вида), Chlorophyta (21), Cyanobacteria (12), Ochrophyta (6), Euglenozoa (5), Cryptophyta (3), Miozoa (2).

Количество видовых таксонов в зависимости от станции изменялось от 36 до 51. Планктонная альгофлора на всех станциях исследования характеризовалась как диатомово–хлорофитовая.

Общая численность микроводорослей колебалась от 108,8 тыс. до 1,6 млн кл·л, составляя в среднем по акватории 521,6 тыс. кл·л. Биомасса осеннего фитопланктона лежала в пределах 69,2–227,5 мг·м$^{-3}$, при средней – 130,2 мг·м$^{-3}$. Среди доминант на ряде станций отмечалась цианобактерии *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák, содержание которой в общей численности достигало 50,0–52,2 %. На всех станциях в общую численность также вносила значительный вклад цианея *Aphanocapsa delicatissima* W.West & G.S.West – 15,1–30,4 %.

Согласно сапробиологическому анализу большинство микроводорослей являлись индикаторами умеренного загрязнения вод – β–мезосапробионтами. Средний индекс сапробности по Пантле–Букк составил 2,0, что позволяет отнести воды дельты р. Великой к III классу качества.

Работа выполнена частично за счет гранта Псковского государственного университета (проект «Экологический мониторинг дельты реки Великой по структуре и физиологической активности фитопланктона и показателям качества воды»).

Список литературы

1. Дрозденко Т. В. Таксономический состав и экологические особенности фитопланктона озера Островито (Псковская область) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 51–60. https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-1-51-60
2. Дрозденко Т. В., Михалап С. Г., Бугеро Н. В. Видовая структура и разнообразие фитопланктона дельты р. Великой (Псковская область, Россия) // Принципы экологии. 2020. Т. 9. № 3. С. 3–20. http://dx.doi.org/10.15393/j1.art.2020.7962
3. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона : методическое руководство. Москва : Университет и школа, 2003. 157 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛАНКТОННЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ ОЗЕР ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОСКОПИИ И МЕТАБАРКОДИНГА

Загумённая О. Н.[1,2], Загумённый Д. Г. [1,2], Герасимова Е. А.[2], Тихоненков Д. В. [1,2]

[1]Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН, п. Борок
[2]Тюменский государственный университет, Лаборатория AquaBioSafe, г. Тюмень

Ключевые слова: протисты, тестацеи, ASV, Западная Сибирь

В настоящее время экологические, биоиндикационные и палеэкологические исследования раковинных амеб основываются на морфологической идентификации видов, в силу уникальности строения раковинок каждого вида данных протистов. Таксономический анализ, основанный на световой и электронной микроскопии, является основным методом исследования видового состава раковинных амеб, но является времязатратным. Современные молекулярные исследования раковинных амеб вносят свои коррективы в процесс идентификации раковинных амеб, ускоряя данный процесс и выявляя скрытое разнообразие данных протистов.

Метабаркодирование ДНК выявляет большое количество новых линий и расширяет диапазон филогенетического разнообразия протистов почти на каждом таксономическом уровне [1, 2].

Немногочисленные исследования таксономии раковинных амеб с помощью метабаркодингового подхода охватывают почвенные [3] и сфагновые [4] биоценозы, тогда как разнообразие ампликонов планктонных раковинных амеб водоемов не изучено.

Также актуальны исследования, направленные на экологическое и биоиндикационное применение метабаркодингового метода в отношении протистов. На данный момент метабаркодинговый подход для решения экологических задач используется в основном для двух групп протистов, являющихся биоиндикаторами, диатомовых водорослей и фораминифер.

Целью настоящего исследования являлось комплексное изучение таксономического состава планктонных раковинных амеб озер зоны южной тайги и озер лесостепной зоны с помощью микроскопии и метабаркодирования по региону V4 18Sр РНК, а также сравнительный анализ результатов двух использованных методов.

Планктонные пробы были собраны в 20 озерах на территории Западной Сибири (Тюменская область) 14–26 июня 2022 г. Исследуемые озера расположены в двух природных зонах (лесоболотной и лесостепной) и двух ландшафтных провинциях (Нижнетобольской и Ишимской, соответственно), отличающихся параметрами мезоклимата. Отбор проб из каждого озера производили на трех станциях. Отбирали интегральные пробы планктона из пелагиали,в зарастающей высшей водной растительностью литорали, в открытой литорали.

В результате исследования методом микроскопии обнаружено 42 вида планктонных раковинных амеб, от 2 до 13 видов на биотоп. Раковинные амебы, выявленные методом микроскопии, принадлежали двум супергруппам – TSAR и Amoebozoa. Десять видов выявлены только для озер лесоболотной зоны и 19 видов только для озер лесостепной зоны.

Выявленные планктонные раковинные амебы, присутствующие только в озерах лесоболотной зоны, являлись сфагнобионтами. Они исчезали в направлении с севера на юг, от лесоболотной зоны к лесостепной. В планктоне озер с продвижением с севера на юг возрастало количество и встречаемость видов филозных раковинных амеб, и появлялись эвригалинные виды.

Видовое богатство раковинных амеб, выявленных с помощью метабаркодинга, включало 30 ASVs (AmpliconSequenceVariant), от двух до восьми ASVs на биотоп. Все выявленные ASVs раковинных амеб принадлежали кладе Rhizaria (супергруппа TSAR). По результатам дополнительной проверки BLASTn семь ASVs принадлежали роду *Lecythium* sp., один ASV имел сходство с *Paulinella micropora* Lhee, Yang, Kim, Andersen & Yoon, 2017 на 96 %, два ASVs принадлежали семейству Paulinellidae, один ASV принадлежал роду *Rhogostoma* sp. (99,8 % сходства), и только один ASV имел полное совпадение с известным видом: ASV2082 с *Rhogostoma cylindrica* Flues and Dumack, 2017 KY905096.1. Прочие ASV не имели совпадений с аннотированными видами.

Из 20-ти исследуемых озер только в 15-ти были обнаружены ASV планктонных раковинных амеб, в суммарном количестве 605, что составляет более 0,25 % от полученных ASV всех выявленных протистов**.** Наибольшее количество последовательностей ASV (452) было отмечено для озер лесостепи, в сравнении с озерами лесоболотной зоны (153 ASV). Частота обнаружения ASV планктонных раковинных амеб была выше для южных озер в 1,6 раз, чем для северных.

Частота обнаружения ASV раковинных амеб увеличивалась в следующем ряду: пелагиаль – зарастающая литораль – открытая литораль.

Классификация сообществ планктонных раковинных амеб при помощи кластерного анализа по присутствию и отсутствию видов и, отдельно, по ASV, показала преимущественное объединение биотопов по приуроченности к природным зонам. Также, кластеризация по ASV показала четкое обособление наиболее минерализованного озера (оз. Соленое) от других озер.

Представители родов раковинных амеб *Lecythium* H.Zukal, 1893 и *Pseudodifflugia* Schlumberger, 1845 обнаружены двумя используемыми методами. Тестацеи рода *Paulinella* Lauterborn 1895[и *Rhogostoma* Belar, 1921 выявлены только с помощью метабаркодинга.

Работа выполнена при поддержке Правительства Тюменской области в рамках проекта Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра № 89-ДОН (2) и в рамках государственного задания № 0122121051100102-2.

Список литературы

1. Burki F., Sandin M. M., Jamy M. Diversity and ecology of protists revealed by metabarcoding // Current Biology. 2021. Vol. 31, iss. 19. P. 1267–1280. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.066
2. Pawlowski J., Bonin A., Boyer F., Cordier T., Taberlet P. Environmental DNA for biomonitoring // Molecular Ecology. 2021. Vol. 30, iss. 13. P. 2931. https://doi.org/10.1111/mec.16023
3. Lara E., Roussel-Delif L., Fournier B., Wilkinson D. M., Mitchell E. A. Soil microorganisms behave like macroscopic organisms: patterns in the global distribution of soil euglyphid testate amoebae // Journal of Biogeography. 2016. Vol. 43, iss. 3. P. 520–532. https://doi.org/10.1111/jbi.12660
4. Kosakyan A., Mulot M., Mitchell E. A., Lara E. Environmental DNA COI barcoding for quantitative analysis of protists communities: A test using the *Nebela collaris* complex (Amoebozoa; Arcellinida; Hyalospheniidae // European Journal of Protistology. 2015. Vol. 51, iss. 4. P. 311–320. https://doi.org/10.1016/j.ejop.2015.06.005

О НЕРЕСТЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ШПРОТА *SPRATTUS SPRATTUS* (LINNAEUS, 1758) У БЕРЕГОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЧЕРНОЕ МОРЕ) В ЗИМНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ СЕЗОН 2022-2023 ГГ.

Калюжная С. Н., Забродин Д. А., Самотой Ю. В.

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

Ключевые слова: ихтиопланктон, шпрот, Черное море, пространственное распределение, численность.

Проанализированы данные по ихтиопланктонным исследованиям, проведенным в зимний нерестовый сезон 2022–2023 гг. в северной половине Черного моря у Крымского полуострова от бухты Ласпи до бухты Феодосийской в двух рейсах НИС «Профессор Водяницкий». Исследования проводили в период нереста массового промыслового вида европейского шпрота *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758) из сем. Clupeidae.

Европейский шпрот *S. sprattus* является одним из наиболее массовых промысловых видов рыб Черного моря. Кроме промышленной значимости, этот вид играет важную роль в трофических взаимоотношениях экосистемы Азово-Черноморского бассейна [1, 3]. Икра и личинки шпрота встречаются в Черном море практически круглый год при температуре воды от 5 до 15 °С и солености 13,5–19 ‰: зимой – во всем кислородном слое, летом – в холодном промежуточном слое. Массовый нерест шпрота обычно наблюдается с декабря по февраль, когда значения температуры воды в море (9–12 °С) оптимальны для его эмбрионального и постэмбрионального развития [3]. Отмеченное с середины 1990-х гг. повышение температуры поверхностного слоя моря вызвало увеличение теплозапаса в слое 0–100 м и размыванию холодного промежуточного слоя, что привело к изменению нерестового цикла шпрота в прибрежных и открытых водах, прилегающих к Крыму

Сбор ихтиопланктона проводили у Крымского полуострова от бухты Ласпи до Керченского полуострова на НИС «Профессор Водяницкий» в 125 (2) рейсе (с 2 по 24 декабря 2022 г.) и 126 рейсе (с 15 марта по 3 апреля 2023 г.). Пробы собирали сетью ИКС-80 ячея сита 400 мкм, диаметр входного отверстия 0,8 м в режиме вертикальных ловов: на глубоководных станциях от нижней границы кислородного слоя (σ_t = 16,2 – по данным зонда “Sea-Bird’*s STD plus*”) до поверхности, а на мелководных станциях – от дна до поверхности.

В декабре 2022 г. в Черном море температура воды у поверхности в среднем составляла 13,3 °С. В районе исследований наблюдался массовый нерест европейского шпрота *S. sprattus*, чья икра составляла 97,5, а личинки 90,2 % от общей численности собранных икры и личинок соответственно. Численность икры шпрота колебалась от 2,4 до 1293,5 экз.·м$^{-2}$ и в среднем составляла 104,1 экз.·м$^{-2}$. Численность личинок колебалась от 0 до 20,8 экз.·м$^{-2}$ и в среднем составляя 3,9 экз.·м$^{-2}$. Эффективность нереста не превышала 3,7 %. Сравнительно низкая численность личинок, вероятно, связана с высокой долей мертвой икры (91 %).

В марте-апреле 2023 г. температура воды в поверхностном слое моря в среднем составляла 9,4 ºС. Температура воды была благоприятной для продолжения массового результативного нереста европейского шпрота. Доля его икры в пробах составляла 97 %, а личинок – 99,7 %. В среднем численность икры составляла 28,9 экз.·м$^{-2}$, а личинок – экз.·м$^{-2}$, а их максимальная численность достигала 130,6 экз.·м$^{-2}$ и 108,6 экз.·м$^{-2}$ соответственно. Доля мертвой икры была значительно ниже, чем в начале зимнего нерестового сезона и составляла 76,7 %. Эффективность нереста была высокой и составляла 32,3 %.

Сроки нереста шпрота и пространственное распределение его икры и личинок определяются, прежде всего, температурой воды в море. В декабре наблюдалось начало зимнего гидрологического сезона. В море массово нерестился шпрот, максимальная численность его икры превышала 1293 экз.·м$^{-2}$. Низкая результативность нереста в декабре, вероятно, была связана с высокой долей мертвой икры в пробах при температуре воды в море, превышающей оптимальную для ее выживания. По температурным условиям в марте–апреле 2023 г. все еще продолжался зимний гидрологический сезон, температура воды у поверхности моря в среднем составляла 9,4 °С и, в отличие от декабря 2022 г., была оптимальной для эмбрионального и постэмбрионального развития шпрота. Максимальная численность личинок превышала 108 экз.·м$^{-2}$. Эффективность нереста шпрота была на порядок выше, чем в декабре 2022 г. и составляла 32,3 %.

Таким образом, можно отметить, что климатические изменения, произошедшие в Черном море с середины 1990 г., не оказали отрицательного влияния на нерестовую активность шпрота и его выживание на ранних этапах развития. При благоприятных температурных условиях, результативный нерест шпрота наблюдается и в межсезонье [4]. По сравнению с серединой прошлого века численность икры и личинок европейского шпрота в районе Крымского полуострова значительно возросла. Так, в декабре в районе Крымского полуострова численность икры колебалась от 2 до 24 экз.$\cdot$м$^{-2}$, а личинки встречались только единично. Максимальная численность икры за весь зимний нерестовый сезон не превышала 220 экз.$\cdot$м$^{-2}$, а личинок – 30 экз.$\cdot$м$^{-2}$ [3].

Авторы выражают благодарность к.б.н. Климовой Т. Н. и к.б.н. Вдодович И. В. за помощь в идентификации ихтиопланктона, анализе и оформлении полученных результатов.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы: № 121030100028-0 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана»

Список литературы

1. Алеев Ю. Г. О биологии и хозяйственном значении черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) // Труды Севастопольской биологической станции. 1958. Т. 10. С. 97–107.
2. Белокопытов В. Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря : автореф. дис. … д-ра геогр. наук. Севастополь, 2017. 377 с.
3. Дехник Т. В. Ихтиопланктон Чёрного моря. Киев : Наукова думка, 1973. 235 с.
4. Klimova T., Vdodovich I., Podrezova P. Ichthyoplankton of the shelf and deepwater areas of the north and northeast of the Black Sea in the spring season // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2021. Vol. 5. P. 255–263. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_5_05

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ЭКОЛОГИИ *SACCOGLOSSUS MERESCHKOWSKII* (HEMIHORDATA, ENTEROPNEUSTA)

Клочихина Д. А., Лукиных А. И., Трухан М. А., Ежова О. В., Бутылкина М. А., Малахов В. В.

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

Ключевые слова: плотность популяции, условия обитания, Harrimaniidae, литораль, сублитораль, мелководные кишечнодышащие, Белое море.

Вплоть до середины XX века считалось, что все кишечнодышащие обитают на шельфовых глубинах и имеют более или менее сходный образ жизни, зарываясь в U-образные норки в донном субстрате [1, 2]. Однако в 1965 году появилось сообщение об абиссальных эпибентосных кишечнодышащих с глубин более 4000 м [3]. В 2005 году глубоководные эпибентосные Enteropneusta были описаны как представители нового семейства Torquaratoridae [4]. Но оказалось, что и известные ранее мелководные кишечнодышащие не могут быть охарактеризованы единым образом жизни. Так, около десяти лет мы обнаружили, что обитающий в Белом море представитель семейства Harrimaniidae — *Saccoglossus mereschkowskii* (Wagner, 1885) – может населять не только сублитораль, но и нижнюю литораль, а норки данного вида не всегда имеют U-образную форму, зачастую представляя собой более сложную систему ходов. Таким образом, экология и биология кишечнодышащих нуждается в детальном и широком изучении.

Мы исследовали экологические особенности *S. mereschkowskii* летом 2023 года в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова. *S. mereschkowskii* предпочитает опреснённые мелкозернистые (0,1–0,25 мм) бухты с нормальным кислородным режимом. *S. mereschkowskii* не переносят гипоксии, поэтому эти животные не обнаруживаются в местах с присутствием сероводородного слоя и в местах, покрытых сплошным слоем водорослей, которые препятствуют аэрации грунтов. В периоды гипоксии особи *S. mereschkowskii* вынуждены покидать норки и выползать на поверхность дна.

Прижизненные наблюдения показали, что особи *S. mereschkowskii* большую часть жизни проводят в норках в приповерхностных слоях донного осадка. Приблизительно каждые 3–5 минут они высовывают хоботок и протягивают его вдоль поверхности осадка в ту или иную сторону без видимой закономерности. При этом длина хоботка может увеличиваться десятикратно. Втягивание хоботка обратно происходит рывками. Таким образом *S. mereschkowskii* осуществляет сбор пищевых частиц из оседающих и осевших на дно органических остатков. При дефекации особи *S. mereschkowskii* формируют фекальные шнуры, которые складываются в кольцевой клубок у заднего отверстия норки.

Ходы, которые *S. mereschkowskii* строит в грунте, сложные, спиралевидные, с несколькими ветвлениями. Стенки ходов животное укрепляет слизью, которая со временем уплотняется, приобретая кожистый вид. При размывании грунта ходы *S. mereschkowskii* остаются в виде трубок. Норка одной особи может иметь несколько передних отверстий, но заднее отверстие для вывода фекальных шнуров всегда одно.

По фекальным шнурам проводился учёт численности особей *S. mereschkowskii*. В окрестностях ББС МГУ эти животные заселяют нижнюю литораль, начиная с глубин, расположенных на 42 см выше теоретического нуля глубин. Средняя плотность для всех изученных популяций *S. mereschkowskii* составила 45 экз./м^2. Максимальная плотность поселений *S. mereschkowskii* – 195 экз./м^2 – отмечена на литорали у мыса ББС.

Плотность популяций *S. mereschkowskii* на участках массового скопления этих животных слабо отрицательно коррелирует с глубиной обитания и в большей степени может зависеть от кислородного режима и присутствия других видов сообщества макрозообентоса. Колебания в процентном содержании размерных классов частиц донных отложений практически не выражены среди различных исследованных нами местообитаний.

Нам также удалось длительно содержать и наблюдать *S. mereschkowskii* в лабораторных условиях, что прежде не удавалось. При содержании в аквариуме особи *S. mereschkowskii* не сразу зарываются в грунт. Сначала они в течение некоторого времени ползают по поверхности субстрата с помощью хоботка. После этого они начинают зарываться в грунт, используя только хоботок, который прокладывает ход между частицами грунта, двигаясь по спиральной траектории. При этом туловище пассивно тянется за хоботком. В ограниченном пространстве между двумя стеклами норка *S. mereschkowskii* имеет простую U-образную форму, хотя при её прокладывании животное пытается совершать и спиралевидные движения. Особи *S. mereschkowskii* также могут использовать ходы, проложенные другими особями популяции, при передвижении в грунте. Таким образом, каждая популяция представляет собой колонию, в которой все особи пользуются проложенными в грунте ходами. Также мы провели успешную транспортировку *S. mereschkowskii* в Москву и содержание их в искусственных условиях, что позволит в будущем ставить длительные эксперименты и демонстрировать этих кишечнодышащих на студенческих практикумах.

Финансовая поддержка исследования осуществлена за счёт проекта РНФ № 23-14-00047.

Список литературы

1. Hyman L. H. The invertebrates: smaller coelomate groups, Chaetognatha, Hemichordata, Pogonophora, Phoronida, Ectoprocta, Brachipoda, Sipunculida, the coelomate Bilateria. Vol. 5. New York : McGraw-Hill, 1959. 783 p.
2. Tassia M. G., Cannon J. T., Halanych K. M. 9. Enteropneusta. In: Miscellaneous Invertebrates / Ed. A. Schmidt-Rhaesa. Berlin, Boston : De Gruyter, 2019. P. 299–326. https://doi.org/10.1515/9783110489279-009
3. Bourne D. W., Heezen B. C. A wandering enteropneust from the abyssal Pacific, and the distribution of" spiral" tracks on the sea floor // Science. 1965. Vol. 150, no. 3692. P. 60–63. https://doi.org/10.1126/science.150.3692.60
4. Holland N. D., Clague D. A., Gordon D. P., Gebruk A., Pawson D. L., Vecchione M. ‘Lophenteropneust’ hypothesis refuted by collection and photos of new deep-sea hemichordates // Nature. 2005. Vol. 434, no. 7031. P. 374–376. https://doi.org/10.1038/nature03382

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕЧЕНИ ТРЕХ ВИДОВ РЫБ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ (СЕВАСТОПОЛЬ)

Клюева М. В., Гаврюсева Т. В., Скуратовская Е. Н., Сигачева Т. Б.

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

Ключевые слова: рыбы, биохимические показатели, гистопатологические альтерации, морская прибрежная акватория, Черное море.

Применение биохимических и гистопатологических показателей, позволяющих определять негативные изменения в организме рыб на ранних этапах развития до появления видимых нарушений, широко используется при оценке как состояния здоровья гидробионтов, так и неблагоприятного воздействия среды [1]. Основным органом детоксикации у рыб является печень, поэтому изменение биохимических показателей и морфологии ее структурных элементов (гепатоцитов, сосудов, желчевыводящих протоков) дает информацию о функционировании этого органа и воздействия на организм токсикантов различной природы [1].

Цель работы – изучение некоторых биохимических и гистопатологических показателей трех прибрежных видов рыб Черного моря разных систематических и экологических групп для понимания механизмов их адаптаций к воздействию природных и антропогенных факторов.

Объектами исследования служили морской ерш *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 (n=21), султанка *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927 (n=20) и зеленушка рулена *Symphodus tinca* (Linnaeus, 1758) (n=24). Рыб отлавливали в Карантинной бухте г. Севастополя в ноябре 2022 г.

В качестве биохимических показателей исследовали параметры прооксидантно-антиоксидантной системы (ПАС) – уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) и окислительной модификации белков (ОМБ), активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), пероксидазы (ПЕР)). Анализ показателей ПАС печени трех видов рыб позволил установить, что содержание продуктов ПОЛ ($p \leq 0,05$) и активность СОД ($p \leq 0,05$) были достоверно выше в печени морского ерша и зеленушки по сравнению с султанкой. Активность ПЕР в печени зеленушки превышала соответствующие значения султанки и морского ерша ($p \leq 0,05$). Содержание продуктов ОМБ и активность КАТ не отличались у исследованных видов рыб.

Гистологическими методами исследования у рыб выявили 5 видов изменений, относящихся к трем типам реакций (нарушение кровообращения, регрессивные изменения и воспалительные реакции). Наиболее распространенным гистопатологическим изменением, выявленным у рыб, были меланомакрофагальные центры, встречаемость которых была выше у зеленушки (50 %), тогда как у султанки и морского ерша различалась незначительно (38,09 и 40 %, соответственно). Липоидную вакуолизацию гепатоцитов также чаще отмечали у *S. tinca* (33,33 %) по сравнению с *M. barbatus* и *S. porcus* (23,81 и 20 %). Расширение кровеносных сосудов и локальную воспалительную реакцию наблюдали у султанки и морского ерша, тогда как у зеленушки подобных нарушений не выявили. Личиночные стадии нематоды, предположительно *Hysterothylacium aduncum*, выявили только в печени у 37,50 % зеленушки. Вокруг паразитов наблюдали формирование гранулем округлой или овальной формы, что является результатом очаговой реакции ткани хозяина на инфекцию. Локальная инкапсуляция личинок нематод позволяет неинфицированным участкам печени поддерживать свои функции и обеспечивает выживание хозяина.

Сравнительный анализ индексов гистопатологических изменений печени рыб показал достоверно высокое значение этого показателя у зеленушки по сравнению с другими видами исследуемых рыб (султанка – $p < 0,01$; морской ерш – $p < 0,05$). На патоморфологическое состояние печени у *S. tinca* мог оказать влияние паразитарный фактор.

Таким образом, результаты исследований позволили установить определенные видовые отличия биохимических и гистопатологических показателей, обусловленные экологическими и этолого-физиологическими особенностями, особенностями питания и характера зараженности рыб паразитами. Полученные результаты могут быть использованы как биомаркеры, отражающие чувствительность рыб к стрессовым факторам окружающей среды, в том числе и паразитарным агентам.

Работа выполнена в рамках госзадания темы № 121030100028-0 ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана».

Список литературы

2. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология. Москва : Наука, 2009. 400 с.
3. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб : 4-е изд. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 374 с.

УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ ХОЛОДНЫХ МОРЕЙ

Кокуркина Ю. А.[1], Дашков Д. В.[2]

[1]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва
[2]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

Ключевые слова: биодеградация, гены, нефтяное загрязнение, углеводородокисляющие бактерии, углеводороды.

Нефтяные загрязнения являются одними из самых опасных и масштабных в современном мире. Соединения, входящие в состав нефти, поражают млекопитающих, птиц, рыб, планктон, растительность и микроорганизмы. Сильнее вредному воздействию подвергаются холодные моря, т.к. из-за низких температур снижается растворимость нефтяных углеводородов (НУ) и замедляется метаболизм микроорганизмов, способных к их биодеградации. Целью нашего исследования является изучение биоразнообразия углеводородокисляющих бактерий (УВОБ) холодных морей. К задачам исследования относится анализ доступной литературы в областях описания УВОБ, путей деградации нефтяных углеводородов и генов, задействованных при этом.

Углеводородокисляющие микроорганизмы (УВОМ) – организмы, способные использовать нефть и ее производные в качестве единственного источника углерода и энергии. По состоянию на 2014 г. было известно, что к ним относятся 79 родов бактерий, 9 родов цианобактерий, 103 рода грибов и 14 родов водорослей. Среди них из водной среды было выделено 25 родов бактерий и 27 родов грибов [2]. К настоящему моменту по данным исследуемой литературы к УВОБ из морской воды можно отнести 83 рода.

Наиболее распространенными являются рода *Arthrobacter* Conn & Dimmick, 1947*, Brevibacterium* Breed, 1953*, Corynebacterium* (Lehmann & Neumann, 1896) emend. Bernard, Wiebe, Burdz, Reimer, Ng, Singh, Schindle & Pacheco, 2010, *Mycobacterium* Lehmann and Neumann, 1896*, Pseudomonas* Migula, 1894*, Rhodococcus* Zoft, 1891. Как правило, их выделяют в районах с сильным нефтяным загрязнением [1].

Из соединений, входящих в состав нефти, которые бактерии способны окислять, наиболее распространенными загрязнителями окружающей среды являются n-алканы, изоалканы, циклоалканы, n-парафины, ароматические соединения, полиароматические углеводороды (ПАУ).

Одним из ключевых ферментов, участвующих в деградации алканов и играющих важную роль в биоремедиации сырой нефти, является алканмонооксигеназа *AlkB* (алкангидроксилаза). К генам, кодирующим алканмонооксигеназы, относятся *alkB*, *Cyp153*, *Alk1*, *Alk2* и *Alk3*. *Alk*-подобные гены исследованы у *Atherinosoma* Castelnau, 1872, *Mycobacterium* sp., *Nocardia* sp. Trevisan, 1889 и *Rhodococcus* sp., а ген *Cyp153* встречается у углеводородокисляющих бактерий, лишенных монооксигеназ AlkB, таких как *Acinetobacter* Brisou & Prevot, 1954, *Alcanivorax* sp. Yakimov et al., 1998 и *Novosphingobium* sp. Takeuchi et al., 2001 [3].

Соединения с циклической структурой окисляются сложнее, чем соединения с линейной, что означает, что циклоалканы поддаются биологическому разложению труднее алканов. Штаммы, способные деградировать циклоалканы, имеют специфические ферментные системы, окисляющие, например, циклогексан до циклогексанола, а его – до адипиновой, валериановой, муравьиной кислот.

Разложение ароматических соединений начинается с прямого окисления ароматического кольца с помощью монооксигеназ или диоксигеназ либо с окисления боковой алкильной цепи, которое катализируется монооксигеназой. Расщепление самого кольца происходит при участии катехол 2,3-диоксигеназы. Например, *Comamonas testosteroni* GZ38A, GZ39, GZ42 (Marcus and Talalay 1956) Tamaoka et al. 1987 emend. Willems et al. 1991, *Burkholderia* sp. Yabuuchi et al., 1993, *Pseudomonas putida* NCBI9816 способны утилизировать фенантрен. К генам, окисляющим ароматические соединения, относятся *aph* – фенол, *bph* – бифенил или полихлоридный бифенил, *bnzA* – бензол, *cbaA* – хлорбензоат, *xylX* – бензоат, *todC1* and *todC2* – толуол, *cumA 1* – кумол, *ipbA1* – изопропилбензол*, edoA* – этилбензол и *ebdA* – алкилбензол [4].

Деградации нафталина и других низкомолекулярных ПАУ начинается с нафталиндиоксигеназы. К генам, кодирующим способность разлагать ПАУ, относятся *cat-2,3*, *narAa*, *narB, narAb, phdA/pdoA2*, *nidA/pdoA1*, *nidA3/fadA1*, *nah*, *nahAc*, *nahA3*, *nagAc*, *ndoB*, *ndoC2*, *pahAc*, *pahA3*, *phnAc*, *phnA1*, *bphAc*, *bphA1*, *dntAc* и *arhA1* [1].

Список литературы

1. Богатыренко Е. А., Ким А. В., Дункай Т. И., Пономарева А. Л., Еськова А. И., Сидоренко М. Л., Окулов А. К. Таксономическое разнообразие культивируемых углеводородокисляющих бактерий в Японском море // Биология моря. 2021. Т. 47, вып. 3. С. 209–216.
2. Семенов А. М., Федоренко В. Н., Семенова Е. В. Микроорганизмы на поверхности морских макрофитов в северных морях России и их возможное практическое использование // Биосфера. 2014. Т. 6, вып. 1. С. 60–76.
3. Шапиро Т. Н., Манучарова Н. А., Лобакова Е. С. Активность гена алканмонооксигеназы alkB у штаммов углеводородокисляющих бактерий, выделенных из нефтепродуктов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26, вып. 6. С. 575–582. https://doi.org/10.18699/VJGB-22-70
4. Cabral L., Giovanella P., Pellizzer E.P., Teramoto E.H., Kiang C.H., Duraes Sette L. Microbial communities in petroleum-contaminated sites: Structure and metabolisms // Chemosphere. 2022. Vol. 286. Art. no. 131752 (17 p.). https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131752

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗООЦЕНА ЗАРОСЛЕВЫХ БИОЦЕНОЗОВ ТЕНДРОВСКОГО ЗАЛИВА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Королесова Д. Д.

ГАУ «Черноморский биосферный заповедник», г. Голая Пристань

Ключевые слова: зарослевые биоценозы, зооцен, структурно-функциональные характеристики

Зарослевые биоценозы являются основой продуктивности мелководных морских заливов северного Причерноморья. Состав и структура этих биоценозов хорошо изучены, показаны различия в видовом составе, численности и биомассе беспозвоночных в составе биоценозов разных макрофитов. В нашем регионе наибольшее внимание исследователями уделялось биоценозам филлофоры, цистозиры и большого взморника. В то же время в литературе недостаточно данных по структуре биоценозов прибрежных макрофитов заливов и лагун, в частности, харовых водорослей. Кроме того, нам не известны работы по сравнительному анализу структурно-функциональных особенностей зооценов разных зарослевых биоценозов.

Проведены исследования структурно-функциональных характеристик макробентоса в составе зооцена трёх основных зарослевых биоценозов мелководной части Тендровского залива: *Chara aculeolata* Kütz, *Lamprothamnium papulosum* (Wallroth) J.Groves, высших водных растений и биоценоза мягких грунтов. Материалом послужили пробы, которые отбирали на станциях сети гидробиологического мониторинга ежегодно в летний сезон с 2014 по 2021 гг., а также данные многолетнего мониторинга состояния природных комплексов Черноморского биосферного заповедника [1]. Пробы отбирали с использованием стандартной методики для сбора зооперифитона [3].

В качестве характеристики структурно-функциональных особенностей зооцена были выбраны показатели, основанные на анализе дифференциального вклада r- и Kстратегов в формирование сообщества макробеспозвоночных, а именно: соотношение общей численности беспозвоночных к общей биомассе (N/B) и индекс De, который является математическим выражением графического ABC-метода [2].

Показано, что наибольший вклад мелких короткоживущих форм характерен для биоценозов харовых водорослей, наименьший – для биоценоза мягкого грунта без растительности. При этом биоценозы *C.aculeolata* и *L.papulosum* достоверно отличались между собой, в структуре зооцена биоценоза *C.aculeolata* доля r-стратегов была значительно выше.

Анализ многолетней динамики показателей N/B и De показал, что в годы, когда отмечалось существенное сокращение площадей произрастания представителей Charophyta, в целом по заливу отмечалось постепенное уменьшение доли r-стратегов в формировании сообществ макробентоса. В 2021 г. было отмечено значительное расширение площадей произрастания *C.aculeolata*, в результате чего в составе макрозообентоса залива зарегистрирован резкий рост численности мелких короткоживущих форм.

Таким образом, показаны различия в структурно-функциональной организации зооцена разных зарослевых биоценозов, а также влияние изменений в составе и структуре донной растительности на динамику структурно-функциональных характеристик зообентоса.

Работа выполнена в рамках научной темы Мониторинг состояния природных комплексов Черноморского биосферного заповедника («Летопись Природы»).

Список литературы

1. Черняков Д. А. Природно-аквальные ландшафтные комплексы Тендрівського и Егорлыцкого заливов и их мониторнг в Черноморском биосферном заповеднике : дис. … канд. геогр. наук. Харків, 1995. 186 с.
2. Denisenko S. G. Structurally-Functional Characteristics of the Barents Sea Zoobenthos // Proceedings of the Zoological Institute, Russian Academy of Sciences. 2004. No. 300. P. 43–52.
3. Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. Black Sea monitoring guidelines: Macrophytobenthos. Dnipro : Seredniak T. K., 2014. 92 p.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ФЕДОТОВОЙ КОСЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

Кочубей А. В.[1], Яковийчук А. В.[1], Мальцев Е. И.[2]

[1]Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь
[2]Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, г. Москва

Ключевые слова: микроводоросли, прибрежная акватория, диатомовые водоросли, соленость.

Микроводоросли обеспечивают более 90% общей первичной продукции морской среды. Изменение состава и продукционных характеристик микроводорослей может нарушить пищевую цепь и привести к нежелательным изменениям в морской экосистеме в целом. Для оценки экологического состояния морских экосистем часто используют различные данные, в том числе и видовое разнообразие микроводорослей. Особо сильному антропогенному влиянию подвержены прибрежные части акватории морей. Эвтрофикация прибрежных вод приводит к массовому развитию водорослей.

Поэтому решение задач экологической безопасности прибрежных акваторий морей непосредственно связано с изучением разнообразия микроводорослей.

Азовское море – одно из самых производительных среди морских водоемов. Мелководность и климатические особенности месторасположения обусловливают быстрое нагревание и охлаждение водой массы, перемешивание на всю глубину и, соответственно, формирование уникального разнообразия живых организмов. Изучение водорослей Азовского моря ведется с начала XX века, но до настоящего времени мало изученной остается его северо-западная часть. Данные о видовом составе водорослей этой части акватории Азовского моря датируются началом и срединой XX века [1]. Целью данной работы было изучение разнообразия диатомовых водорослей прибрежных вод Азовского моря у Федотовой косы.

Материалом для работы послужили образцы фитопланктона и фитобентоса, собранные в июне 2023 г. Для световой микроскопии природные образцы подготавливали стандартной обработкой с применением 10 % HCl и концентрированной перекиси водорода. Далее образцы промывали деионизированной водой. Постоянные препараты диатомовых созданы с помощью смолы Naphrax®. Экологическая характеристика микроводорослей дана в результате анализа различных источников.

Исследуемая часть акватории Азовского моря расположена у побережья с плотным размещением объектов курортной инфраструктуры и активно используется населением для летнего отдыха. Для нее характерны явления прибрежной эвтрофикации, которые могут сопровождаться массовым развитием макрофитов, в первую очередь, *Cladophora siwaschensis* (C.J. Meyer, 1914). Хорошо известно, что соленость морских вод имеет определяющее значение для формирования состава альгофлоры. Соленость морской воды в летний период 2018–2022 годов у берега Федотовой косы изменялась в диапазоне 13,0–13,7 ‰, а в июле 2023 года составила – 12,4 ‰.

В результате первичного скрининга микроводорослей, обитающих в толще воды и на поверхности макрофитов, камней и рыхлых субстратов дна прибрежной части акватории, было идентифицировано 8 видов: *Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow, *Tabularia tabulata* (C.Agardh) Snoeijs, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, *Navicula cryptocephala* Kützing, *N. peregrina* (Ehrenberg) Kützing, *N. radiosa* Kützing, *N. ramosissima* (C. Agardh) Cleve, *Gyrosigma scalproides* (Rabenhorst) Cleve.

Отмеченные у берегов Федотовой косы диатомовые являются представителями двух классов: Fragilariophyceae и Bacillariophyceae. Это широко распространенные планктонные и бентосные виды водорослей [2]. Некоторые из них отмечены А. И. Прошкиной-Лавренко в планктоне северо-западной части акватории Азовского моря в 1950–1956 годах [3]. Преобладающее количество найденных видов относится к бентосным организмам. При этом такие бентосные виды как *T. tabulate*, *C. scutellum*, *N. radiosa, N. ramosissima* часто встречались в составе фитопланктона, на что обращали внимание и ранее [3]. *L. gracilis* была обнаружена в большом количестве на поверхности таких макрофитов как *Cladophora siwaschensis* и *Ceramium diaphanum* (Lightf.) Roth.

Согласно проведенному анализу, в общем составе диатомовых прибрежных вод Федотовой косы преобладают виды эврисапробы, или индифференты, которые отличаются устойчивостью к органическому загрязнению, что характерно для условий высокой антропогенной нагрузки. С другой стороны, присутствие видов индикаторов с невысоким индексом сапробности (ксеносапробионты, ксено-олигосапробионты и др.) может свидетельствовать о сохранении потенциала смещения сообщества водорослей в сторону снижения сапробности и восстановления природных характеристик в ходе процессов самоочищения.

Соленость вод – важный фактор, ограничивающий возможность существования живых организмов и диатомовых водорослей в том числе. Виды диатомовых водорослей отличаются по способности приспособления к пониженной или повышенной солености. Анализ видового состава диатомовых у берега Федотовой косы свидетельствует о присутствии видов с различным отношением к фактору солености. Большинство отмеченных видов – мезогалобы и олигогалобы-индифференты, т.е. виды, обитающие в водах с соленостью от 5 ‰ до 20 ‰ и в водах с невысоким уровнем концентрации NaCl.

Работа выполнена в рамках госзадания темы № 1023031000064-6-1.6.2;1.6.3 Мелитопольского государственного университета «Научно–практические аспекты биоинформационного скрининга микроводорослей для восстановления прибрежных морских экосистем северо-западной акватории Азовского моря».

Список литературы

1. Ковалева Г. В. История изучения микроводорослей Азовского моря. Обзор // Наука юга России (Вестник Южного научного центра). 2016. Т. 12, № 3. С. 51–66.
2. Рябушко Л. И., Бондаренко А. В. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / ИнБЮМ НАН Украины. Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2011. 211 с.
3. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. Москва ; Ленинград : АН СССР, 1963. 190 с.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Лысенко Е. И.

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

Ключевые слова: диатомеи, дельтовая экосистема, микропалеонтология.

Устья рек, ввиду особого положения на границе речного бассейна и приёмного водоёма, наиболее чувствительны к изменению экологических параметров среды [1]. Экосистема дельты Волги за период голоцена находилась под влиянием неоднократных изменений уровня Каспийского моря. Эти изменения отражаются в структуре сообществ диатомовых водорослей, которые благодаря строгой экологической приуроченности и хорошей сохранности в отложениях за счёт кремнистого панциря могут служить индикаторами палеоэкологических условий осадконакопления. В работе представлены обобщённые данные о структуре диатомовых сообществ в голоценовых отложениях дельты Волги, изученных за период 2017–2023 гг. и отобранных из скважин, естественных обнажений и донных осадков современных водоёмов дельты. Район изучения охватывал верхнюю (р-н пос. Пойменный), центральную (р-н пос. Семибугры) и нижнюю часть дельты (Дамчикский участок Астраханского заповедника).

В ходе работы выявлено 294 таксона диатомовых водорослей. Контроль актуальности названий таксонов проводился с помощью электронной базы данных AlgaeBase [2]. Подавляющее большинство диатомей относятся к пресноводным, реже – к солоноватоводным. Единичные створки морских видов *(Triceratium formosum* (Brightwell, 1856); *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, 1873 *и Stephanopyxis sp.)*

обнаружены в отложениях в верхней части дельты и, вероятно, были переотложены из дочетвертичных пород. Типичные для Северного Каспия морские виды рода *Thalassiosira* также представлены единичными створками и обнаружены в естественных обнажениях нижней части дельты. Изученные диатомовые водоросли принадлежат к 58 родам. Наиболее представительные рода (5 и более видов и разновидностей диатомей): *Navicula* (28), *Gomphonema* (19), *Nitzschia* (18), *Pinnularia* (14), *Epithemia* (13), *Eunotia* (13), *Cymbella* (11), по 10 – *Aulacoseira*, *Stauroneis*, *Tryblionella*, *Caloneis*, *Fragilaria*, *Encyonema* (6), *Sellaphora* (6), по 5 – *Placoneis*, *Synedra*, *Ulnaria*.

Наибольшей численности в изученных отложениях достигают планктонные виды *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, 1979 и *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen, 1979 доминирующие во многих ископаемых образцах, а также в донных осадках крупных проток в дельте [3]. Также среди планктонных диатомей нередко встречаются *Stephanodiscus astraea* ((Kützing) Grunow, 1880), в отложениях современных проток и естественных обнажениях в дельте – *Stephanodiscus minutulus* ((Kützing) Cleve & Möller, 1882). Среди перифитонных видов широко распространены *Cocconeis placentula* (Ehrenberg, 1838) *и Cocconeis lineata* (Ehrenberg, 1849), в современных отложениях нижней части дельты наибольшее количество этих видов приурочено к широкой северной части протоки Грязнуха (р-н Дамчикского участка) с малой глубиной (первые метры) и практически полным отсутствием направленного течения. Бентосные виды родов *Epithemia* и *Eunotia*, маркирующие застойные обстановки осадконакопления, массово выявлены в ископаемых диатомовых ассоциациях. Среди них преобладают *Epithemia adnata* ((Kützing) Brébisson, 1838); *Epithemia argus* ((Ehrenberg) Kützing, 1844); *Eunotia monodon* (Ehrenberg, 1843) и *Eunotia exigua* ((Brébisson ex Kützing) Rabenhorst, 1864). Бентосные виды, часто встречающиеся как в ископаемых ассоциациях, так и в образцах из отложений современных водоёмов дельты Волги – *Gomphonema acuminatum* (Ehrenberg, 1832), *Navicula reinhardtii* ((Grunow) Grunow, 1880); *Navicula tripunctata* ((O.F.Müller) Bory, 1822) и *Pinnularia brebissonii* ((Kützing) Rabenhorst, 1864).

По результатам работы выявлены основные таксоны диатомей, характерные для донных осадков современных водоёмов дельты с различными экологическими характеристиками [4]. Также выявлены основные таксоны в ископаемых диатомовых ассоциациях из голоценовых отложений верхней, средней и нижней частей дельты. Примечательно, что не для всех обстановок осадконакопления, реконструированных в голоценовых отложениях, найдены диатомовые ассоциации-аналоги из современных водоёмов дельты, что говорит о трансформации экосистемы дельты за период голоцена. Работы по изучению структуры сообществ диатомовых водорослей дельты Волги будут продолжены.

Список литературы

1. Михайлов В. Н., Михайлова М. В., Исупова М. В. Гидролого-морфологические процессы в устьях рек Каспийского региона как возможные аналоги ожидаемых изменений устьев других рек России и мира // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 5. С. 471–487.
2. AlgaeBase. National University of Ireland. Galway ; [site], 2020. https://www.algaebase.org (дата обращения: 09.08.2023).
3. Штыркова Е. И., Полякова Е. И. Диатомеи в голоценовых осадках дельты Волги (Дамчикский участок) как индикаторы палеоэкологических условий осадконакопления // Вопросы современной альгологии. 2019. Т. 2, № 20. С. 270–273. https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2(20)-270-273.

4. Штыркова Е. И., Полякова Е. И., Ткач Н. Т. Диатомовые водоросли в современных донных осадках дельты Волги на территории Дамчикского участка Астраханского биосферного заповедника // Природные экосистемы Каспийского региона: прошлое, настоящее и будущее : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного заповедника. Астрахань : МИР, 2019. С. 180–183.

РАЗНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОТОКА УГЛЕРОДА В ЧЁРНОМ МОРЕ, СВЯЗАННОГО С СУТОЧНЫМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ МИГРАЦИЯМИ КОПЕПОД *PSEUDOCALANUS ELONGATUS* И *CALANUS EUXINUS*

Ляшко Т. В., Муханов В. С., Губанова А. Д., Литвинюк Д. А., Сахонь Е. Г.

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

Ключевые слова: поток углерода, Чёрное море, Calanus euxinus, Pseudocalanus elongatus, суточные вертикальные миграции.

Общеизвестно, что зоопланктон во время суточных вертикальных миграций опускается на глубину днём и поднимается в верхние слои в тёмное время суток. Выделение фекальных гранул организмами, дыхание зоопланктона и его смертность на глубине переносят углерод с поверхности в глубокие слои, тем самым повышая эффективность биологического насоса и играя важную роль в поддержании метаболических потребностей мезопелагических сообществ. Ряд исследований показал, что суточные вертикальные миграции зоопланктона и микронектона обеспечивают поток углерода, эквивалентный 10-40% переноса частиц [1]. Дыхание выступает одним из путей, влияющим на содержание растворённого углерода, причём дыхание мигрирующего зоопланктона составляет до половины дыхания в слоях, затронутых миграцией [2].

Для Чёрного моря оценка транспорта углерода, связанного с суточными вертикальными миграциями зоопланктона, ранее не проводилась. В данной работе выполнено сравнение разных методов расчёта потока углерода, обусловленного дыханием зоопланктона, совершающего суточные вертикальные миграции, на основе данных 114-го (сентябрь 2020 г.), 116-го (апрель-май 2021 г.) и 118-го (август 2021 г.) рейсов НИС «Профессор Водяницкий». Количественную обработку проб зоопланктона проводили в лаборатории порционным методом. Оценке подлежали старшие копеподитные стадии и самки копепод *Pseudocalanus elongatus* (Brady, 1865) и *Calanus euxinus (*Hulsemann, 1991), которые относятся к наиболее активным видам-мигрантам в Чёрном море.

Расчёт нисходящего потока углерода проводили по модифицированной формуле Dam et al. [3]:

$$F = B \times R \times h,$$

где B – биомасса мигрирующего зоопланктона (мг $C \cdot м^{-2}$);

R – интенсивность дыхания, зависящая от веса животного и температуры (мг $C \cdot$(мг C тела)$^{-1} \cdot ч^{-1}$);

h – время, проведённое на глубине (ч).

Биомасса мигрирующего зоопланктона (*B*) была определена с помощью коэффициентов интенсивности вертикальных миграций по М. Е. Виноградову и К. А. Захваткиной.

В отличие от Dam et al., который считал время на глубине (*h*) как 12-часовой интервал, в данной работе использовалась фактическая длина светового дня в районе исследования при сборе проб. Данный интервал считался временем, которое копеподы провели в глубоких слоях воды.

Для расчёта интенсивность дыхания применены разные пути, что и вносит различия в методику оценки потока углерода. В первом случае использованы литературные данные интенсивности дыхания для самок и старших копеподитных стадий видов *C. euxinus* и *P. elongatus* в Чёрном море.

Второй путь оценки интенсивности дыхания подразумевал расчёт по формуле Dagg, 1982 [4]:

$$R = 0{,}101\ W_c^{0{,}884},$$

где W_c – вес животного в мкг С;

0,884 – константа для ракообразных по Ikeda, 1970.

При пересчёте биомассы ракообразного зоопланктона в углеродные единицы принимали сухой вес равным 20% от влажного, углеродный вес – 40 % от сухой биомассы. Результаты расчёта потока углерода разными путями конвертировали в единицы (ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$).

Поток углерода, связанный с миграцией самок *C. euxinus*, составил от 0,1 до 0,12 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$, для первого и второго метода соответственно. Для копеподитов C5 *C. euxinus* этот показатель составил от 0,06 до 0,08 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$, самок *P. elongatus* – от 0,1 до 0,015 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$, копеподитов C4-C5 *P. elongatus* – от 0,006 до 0,0075 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$.

Сравнение двух методик проведено с помощью ковариационного анализа (ANCOVA) путем сравнения углового коэффициента регрессии. Наличие статистически значимых различий для двух методов не обнаружено.

Так, при использовании литературных данных поток углерода был равен 0,18 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$ для черноморских копепод-мигрантов в тёплое время года (сентябрь 2020 и апрель, май, август 2021 гг.), а при использовании формулы по Dagg et al. – 0,23 ммоль $С\cdot м^{-2}\cdot сут^{-1}$.

Завышенные значения второго метода могут быть связаны с тем, что формула Dagg et al., 1982 была предложена для оценки интенсивности дыхания в целом для копепод, и не учитывала влияние водоёма. Поэтому для последующей оценки мы планируем использовать литературные данные по интенсивности дыхания копепод-мигрантов, полученные для Чёрного моря.

НИР по теме № 121040600178-6 «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем».

Список литературы

1. Isla A., Scharek R., Latasa M. Zooplankton diel vertical migration and contribution to deep active carbon flux in the NW Mediterranean // Journal of Marine Systems. 2015. Vol. 143. P. 86–97. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.10.017

2. Bianchi D., Stock C., Galbraith E. D., Sarmiento J. L. Diel vertical migration: Ecological controls and impacts on the biological pump in a one-dimensional ocean model // Global Biogeochemical Cycles. 2013. Vol. 27, iss. 2. P. 478–491. https://doi.org/10.1002/gbc.20031

3. Dam H. G., Roman M. R., Youngbluth M. J. Downward export of respiratory carbon and dissolved inorganic nitrogen by diel-migrant mesozooplankton at the JGOFS Bermuda time-series station // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. 1995. Vol. 42, iss. 7. P. 1187–1197. https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)00048-B

4. Dagg M. J., Vidal J., Whitledge T. E., Iverson R. L., Goering J. J. The feeding, respiration, and excretion of zooplankton in the Bering Sea during a spring bloom // Deep

Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1982. Vol. 29, iss. 1. P. 45–63. https://doi.org/10.1016/0198-0149(82)90060-7

РАЗНООБРАЗИЕ РОДА *CRYPTOMONAS* ВОДОЁМОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН

Мартыненко Н. А.[1], Гусев Е. С.[1], Кулизин П. В.[2], Подунай Ю. А.[3]

[1]Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцева РАН, Москва
[2]Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород
[3]Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН, пгт. Курортное

Ключевые слова: биологическое разнообразие, криптофитовые водоросли, биогеография.

Криптомонады, или криптофитовые водоросли, представляют собой монады мелких размеров (приблизительно 5–50 мкм), встречающиеся в разнообразных пресноводных, солоноватоводных, морских и даже почвенных средах обитания [1]. Для них характерна отчетливая клеточная асимметрия и наличие органелл, называемых эжектосомами. Многие криптомонады фотосинтезируют; их пластиды разнообразны по пигментации и окраске. Криптомонады, имеющие пластиды, примечательны наличием у них «нуклеоморфа» – остаточного ядра вторичного эндосимбиотического происхождения. Таксономия данной группы традиционно основывалась на морфологии и включала рассмотрение ультраструктурных особенностей, таких как форма клетки, структура перипласта, тип имеющейся клеточной инвагинации (система «борозда-глотка») и наличие-отсутствие пиреноидов. Однако данные о нуклеотидных последовательностях этих организмов говорят, что морфология имеет ограниченную таксономическую ценность на уровне видовой идентификации. Известно около 20 родов и более 100 видов криптомонад, однако реальное разнообразие группы недооценено и гораздо выше этих оценок [2].

Криптомонады являются важными первичными продуцентами в пресноводных и морских средах обитания, и, как оказалось, многие из них являются космополитами. В связи с тем, что, во-первых, они чаще всего идентифицировались в фитопланктоне озер и водохранилищ умеренного пояса, а во-вторых, доминировали в подледных пробах ранней весной и поздней осенью, сложилось впечатление о холодолюбивости группы [3]. В этом свете, разнообразие криптомонад тропического региона оставалось неизученным, и долгое время информация об их распространении базировалась на работах по изучению фитопланктона, где идентификация организмов проводилась на фиксированном материале и с использованием определителей, основанных на изучении водоёмов умеренной зоны.

Наши данные по изучению рода *Cryptomonas* в тропическом регионе показали, что флора этого рода очень разнообразна. Всего обнаружен 51 таксон видового уровня (статистически поддержанных клад). Некоторые обнаруженные группы входили в уже известные клады, а именно *Cryptomonas curvata* Ehrenberg 1832*, C. gyropyrenoidosa* Hoef-Emden & Melkonian, 2003, *C. loricata* Chodat emend. Hoef-Emden, *C. lundii* Hoef-Emden et Melkonian, *C. ovata* Ehrenberg emend. Hoef-Emden et Melkonian, *C. marssonii*, *C. paramaecium* Ehrenberg emend. Hoef-Emden et Melkonian, *C. pyrenoidifera* Geitler emend. Hoef-Emden et Melkonian*, C. tetrapyrenoidosa* Skuja emend.

Hoef-Emden et Melkonian, и часто не отличались от них морфологически, что говорит нам о скрытом разнообразии внутри этих клад. К настоящему времени нами описано три новых вида из Вьетнама: *Cryptomonas vietnamica* Gusev, Podunay, Martynenko, Shkurina et Kulikovskiy, *C. cattiensis* Martynenko, Gusev, Kapustin et Guseva и *C. tropica* Martynenko, Kezlya et Gusev; и новый вид из Индии – *Cryptomonas indica* Gusev, B. Karthick, Martynenko, Shkurina et Kulikovskiy. Ещё предстоит описать с помощью морфологических и молекулярно-генетических методов и выявить уникальные молекулярные сигнатуры у пятидесяти новых видов. Получены результаты, позволяющие оценить концепцию космополитизма у криптофитовых водорослей. Таким образом, сравнение генетических последовательностей вариабельного маркера ITS2 рДНК выявило лишь несколько видов, имеющих широкое распространение и найденных в различных климатических зонах (умеренной, субтропической и тропической). Это *Cryptomonas obovoidea* Pascher emend. Hoef-Emden, *C. obovata* Skuja, *C. phaseolus* Skuja 1948, *C. stoma* nom. prov., а также требующие ревизии *C. tetrapyrenoidosa, C. pyrenoidifera* и *C. curvata* [4].

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20–14–00211).

Список литературы

1. Martynenko N., Kezlya E., Gusev E. Description of a New Species of the Genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae: Cryptomonadales), Isolated from Soils in a Tropical Forest // Diversity. 2022. Vol. 14, iss. 11. Art. no. 1001 (13 p.). https://doi.org/10.3390/d14111001
2. Hoef-Emden K., Archibald J. M. Cryptophyta (Cryptomonads) // Handbook of the Protists. Springer : Cham, Switzerland, 2017. P. 851–891. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32669-6_35-1
3. Kugrens P., Clay B. L. Cryptomonads // Freshwater Algae of North America. California : Academic Press, 2003. P. 715–755. https://doi.org/10.1016/B978-012741550-5/50022-2
4. Гусев Е. С., Мартыненко Н. А., Кулизин П. В., Подунай Ю. А. Разнообразие криптофитовых водорослей тропического региона // Вопросы современной альгологии. 2021. № 2 (26). С. 139–143. URL: http://www.algology.ru/1691

ИНФУЗОРИИ МИКРОПЕРИФИТОНА ВОДОЕМОВ Г. МОСКВА

Монашев И. В.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К. А. Тимирязева, г. Москва

Ключевые слова: инфузории, сообщества обрастания, Москва, видовое разнообразие, микроперифитон.

Доклад освещает промежуточные результаты исследования видового разнообразия инфузорий микроперифитона в водоемах различного типа на территории г. Москва. Представлены данные, полученные с мая 2022 по июнь 2023 года.

Инфузорий исследовали методом световой микроскопии на естественных субстратах, включая водных беспозвоночных, и на стеклах обрастания. Определение проводилось по живым особям.

Материал собирали преимущественно в прудах и озерах парковых зон, но также были обследованы реки и временные водоемы. Видовое разнообразие инфузорий большинства из них исследовано впервые. Москва – крупнейший город России и один из самых больших мегаполисов мира, что является причиной высокой антропогенной нагрузки, которая влияет на видовой состав природных сообществ этой территории. При этом, литература по распространению и разнообразию инфузорий в г. Москва малочисленна и, в основном, посвящена планктонным представителям. Наша работа призвана дополнить сведения по менее изученной фауне инфузорий сообществ обрастания и расширить географию исследования инфузорий на территории г. Москва. Среди обнаруженных нами видов присутствовали индикаторные, по наличию которых можно сделать выводы о степени загрязненности водоема. Таким образом, наши данные могут быть использованы для экологической оценки исследованных территорий. Кроме того, нами были обнаружены редкие виды, такие как *Ascobius lentus* Henneguy 1884, и *Tokophrya carchesii* (Claparede & Lachmann, 1859), которые, вероятно, впервые были обнаружены в водоемах г. Москва.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОЁМОВ ДОЛИНЫ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ МАНЫЧ

Оганесян А. А.

ФИЦ «Южный научный центр РАН», г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: гидробиология, гипергалинные водоёмы, водные беспозвоночные, макрозообентос.

За последнюю сотню лет водоёмы Кумо-Манычской долины подвергались значительным изменениям. До 1932 сеть водоёмов Маныча представляла собой большое число солёных озёр-лиманов, крупнейшим из которых было озеро Маныч-Гудило. Однако в результате создания в 1932–1936 гг. водохранилищ в долине эти озёра были затоплены, а Маныч-Гудило стало частью Пролетарского водохранилища [1]. К началу 70-х произошло опреснение озера в результате подачи пресных вод из Дона и Кубани, что привело к появлению здесь высокопродуктивной системы. Затем с 1998 начался новый этап осолонения озера Маныч-Гудило, который продолжается и по сей день [2].

Таким образом, в связи с изменениями в гидрохимическом и гидрологическом режиме водоёмов Кумо-Манычской долины изучение их макрозообентосных сообществ, которые являются важным индикатором антропогенного и климатического воздействия, представляет интерес.

Цель исследования: изучение фауны и закономерностей распределения сообществ макрозообентоса водоёмов Кумо-Манычской долины.

Материалом для написания данной работы послужили пробы, собранные в ходе экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в Кумо-Манычской долине в 2021 году. Количественные пробы зообентоса отбирали дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,028 м^2, затем промывали через бентосный мешок с ячейкой 500 мкм и фиксировали в герметично закрывающемся пластиковом контейнере раствором 4 % формальдегида. Определение видового состава и подсчёт количественных характеристик проводили в лабораторных условиях.

В исследованных водоёмах были обнаружены следующие таксоны: Aranei, *Berosus* (*Enoplurus*) *spinosus* (Steven, 1808), *Caenis* (Stephens, 1835) sp., Ceratopogonidae, Chironomidae, Corixidae, Corophiidae, *Donacia* (Fabricius, 1775) sp., *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), *Ecnomus*

(McLachlan 1864) sp., Elmidae, Ephydridae, *Erpobdella octoculata* (L., 1758), Gammaridae, Gerridae, *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1825), *Laonome xeprovala* (Bick & Bastrop), *Orthetrum* (Newman, 1833) sp., Oligochaeta, *Viviparus* (Montfort, 1810) sp. Таким образом, всего было выделено 22 таксона различного уровня. Наиболее часто встречающимися организмами были малощетинковые черви – Oligochaeta и Chironomidae (оба отмечены на 79,2 % всех станций). Эти же организмы чаще всего доминировали в сообществах как по численности, так и по биомассе. Помимо них на отдельных станциях преобладали: Corophiidae, *Hydrobia acuta*, Ephydridae – по численности; *Viviparus* sp., *Donacia* sp., *Dreissena polymorpha*, Gammaridae, *Ischnura pumilio*, *Hydrobia acuta*, Ephydridae – по биомассе. Наибольшие значения суммарной плотности населения отмечались на станциях, где доминировали Oligochaeta (60393 экз.·м$^{-2}$) и Chironomidae (19286 экз.·м$^{-2}$), а биомассы – двустворчатые (699,732 г·м$^{-2}$) и брюхоногие моллюски (140,929 г·м$^{-2}$). Наибольший индекс разнообразия отмечен в Весёловском водохранилище близ Пролетарска (1,13) и в Шахаевском лимане (1,10), наименьший – в балке Большая Садковка (Весёловское водохранилище) и в озере Маныч-Гудило близ пионерлагеря (в обоих случаях индекс равен 0). В среднем индексы разнообразия на станциях с большей минерализацией были ниже, чем на станциях с более низкой минерализацией.

Список литературы

1. Матишов Д. Г., Орлова Т. А., Гаргопа Ю. М., Павельская Е. В. Многолетняя изменчивость гидрохимического режима водной системы Маныч-Чограй // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 5. С. 560–564.
2. Булышева Н. И. Донные сообщества оз. Маныч-Гудило в условиях хронического осолонения // Труды Зоологического института РАН. 2013. Т. 317, № S3. С. 69–74.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ГАЛОФИТОВ ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЯ

Павлова М. А., Теребова Е. Н., Сергиенко Л. А., Марковская Е. Ф.

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск

Ключевые слова: галофиты, металлы, железо, пероксидаза, клеточная стенка, флюоресценция хлорофилла, устьичная проводимость, Белое море.

Литораль, или приливно-отливная зона – участок берега, который затопляется морской водой во время прилива и осушается во время отлива, зона контакта берега и моря. Доминантными видами приморских территорий являются растения, которые способны образовывать плотную дернину (р. *Puccinellia,* р. *Carex*), а также растения, имеющие подушковидную форму роста или образующие быстрорастущие побеги: *Potentilla egedii* L., 1753, *Stellaria humifusa* Rottb., *Honckenya peploides* (L.) Ehrh., *Mertensia maritima* (L.) Gray (1821). На литорали Белого моря доминируют галофиты *Triglochin maritima* L., *Plantago maritima* L., *Aster tripolium* L., *Salicornia pojarkovae* (N. Semenova) G.Kadereit & Piirainen [1]. В зоне контакта моря и суши происходит постоянное варьирование условий среды обитания растений (содержания кислорода, инсоляции, температуры, волновой динамики, уровня солености и элементного состава морской воды и грунтов). Цель работы: исследовать особенности физиологии растений галофитов в нестабильных условиях среды литорали Белого моря. Исследование проводилось на Карельском берегу Белого моря в районе поселков Кереть (Лоухский район), Рабочеостровск (Кемский район) и Растьнаволок (Беломорский район), Республика Карелия, СЗФО в 2017–2023 гг.

Нами установлено, что грунты литорали бедные по элементному составу: содержание железа составило от 6000 до 16000 мг·кг$^{-1}$, меди – от 3 до 35 мг·кг$^{-1}$, цинка – от 12 до 76 мг·кг$^{-1}$, никеля – 5–41 мг·кг$^{-1}$, а свинца – 3–39 мг·кг$^{-1}$. Однако, морская вода загрязнена тяжелыми металлами: концентрация железа была равна от 0,07 до 0,52 мг·л$^{-1}$, цинка – в среднем 0,007 мг·л$^{-1}$, никеля – 0,01 мг·л$^{-1}$, свинца – от 2,80 до 4,31 мкг·л$^{-1}$. Концентрация железа в морской воде Белого моря значительно превышает ПДК, равное 0,05 мг·л$^{-1}$. Высокие концентрации железа объясняются высоким фоновым содержанием железа в болотных водах региона, а также антропогенным происхождением элемента (металлургическая промышленность СЗФО). Растения литорали активно накапливают железо в корневищах и надземных органах до сверхзначений (7–72 г·кг$^{-1}$). Коэффициент биологического поглощения железа целым растением у *T. maritima* составил 4,6, у *P. maritima* – 3,2, а у *A. tripolium* – 1,9. В связи с тем, что растения накапливают металл до значений более чем 1 г·кг$^{-1}$, их можно отнести к гипераккумуляторам железа. Возможно, гипераккумуляция d–элемента железа связана не только с повышенным уровнем железа в морской воде, но и с особенностью его комплексообразования при действии приливно-отливной динамики моря. Показатели константы нестойкости комплексных соединений Fe^{3+} имеют более высокие значения, чем соединений Fe^{2+}, что свидетельствует о их большей устойчивости. В условиях гипоксии (прилив) для галофитов становится более доступным железо Fe^{2+} из комплексов литоральных грунтов, чем Fe^{3+} (в связи с их меньшей устойчивостью согласно показателю константы нестойкости). За счет аккумуляции железа галофиты литорали Белого моря являются участниками биогеохимического круговорота железа и основными сайтами его фиксации в системе берег–море [2].

У *T. maritima* и *P. maritima* установлена высокая ионообменная способность клеточной стенки листа (2710–3700) и корня (1160–2350 ммоль·г$^{-1}$ сух. вес. клет. стенки). При этом большой процент ионообменных групп приходился на карбоксильные группы полигалактуроновой кислоты (до 70 % у *T. maritima*, до 36 % у *P. maritima*) и карбоксильные группы гидроксикоричных кислот (до 66 % у *T. maritima*, до 54 % у *P. maritima*). Карбоксильные группы клеточной стенки связывают тяжелые металлы и препятствуют их проникновению в протопласт клеток тканей листа и корня галофитов. Это один их известных механизмов устойчивости растений к токсическому действию металлов.

В связи с тем, что доступ к кислороду варьируется у галофитов в течение суток, одним из механизмов адаптации растительного метаболизма к меняющимся экологическим условиям является оптимизация работы ферментов антиоксидантной системы. Мы отметили высокую активность пероксидазы в листьях галофитов литорали (30,43–67,05 мкмоль тетрагваякола на мг). При этом у *T. maritima* и *P.maritima* пероксидаза работала в диапазоне pH 5–8,5, и ее максимальная активность отмечена в более кислой среде (pH=5). У *A. tripolium* пик активности пероксидазы наблюдался в более щелочной среде (pH=8,5).

У галофитов литорали Белого моря также отмечены анатомические особенности листа: наличие у *T. maritima* и *P. maritima* суккулентных листьев, образование аэренхимы с крупными межклетниками в центре листовой пластинки *T. maritima*, развитие водозапасающей паренхимы листа у *P. maritima* [3]. Установлены особенности фотосинтетической функции *P. maritima*: в стабильном состоянии в полный прилив и максимальный отлив растения подорожника имели открытые устьица и высокие функциональные показатели флуоресценции хлорофилла А (Fv/Fm 0,80, Y (II) 0,30, ETR 110, NPQ 2,5 и F_0 120 в относит. ед. и устьичной проводимости Gs 350–450 ммоль·$м^{-2}$·$с^{-1}$). А в переходном состоянии, когда залиты и осушены не все части растения, отмечены частичное закрытие устьиц и ингибирование функциональной активности хлорофилла А (Fv/Fm 0,70, Y (II) 0,20–0,25, ETR 70–90, NPQ 0,5–1,5 и F_0 70–80 в относит. ед. и Gs 50–150 ммоль·$м^{-2}$·$с^{-1}$) [4].

Таким образом, в нестабильных условиях обитания на литорали Белого моря растения галофиты обеспечивают себе рост и развитие рост за счет анатомических (аэренхима, водозапасающая паренхима) и физиологических (оптимизация фотосинтеза и устьичной проводимости листа, высокая ионообменная способность клеточной стенки и активность ферментов АОС) приспособлений. Их можно рассматривать как механизмы кросс-адаптации к совместному действию солей, тяжелых металлов и гипоксии.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда Российской Федерации (тема №23-67-10006).

Список литературы

1. Сергиенко Л. А. Морские берега и приморская маршевая растительность // Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики / под ред.: В. А. Спиридонова, М. В. Гаврило, Е. Д. Красновой, Н. Г. Николаевой. Москва : WWF России, 2011. 64 с.
2. Terebova E. N., Pavlova M. A., Oreshnikova N. V. Iron Accumulation of Halophytes in the Littoral Zone of the White Sea // Biology Bulletin. 2023. Vol. 50, iss. 4. P. 684–695. https://doi.org/10.1134/S1062359023700243
3. Гуляева Е. Н., Морозова К. В., Марковская Е. Ф., Николаева Н. Н., Запевалова Д. С. Анатомо-морфологическая характеристика листьев доминантных видов на побережье Баренцева моря // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 2 (155). С. 13–19.
4. Марковская Е. Ф., Гуляева Е. Н. Роль устьиц в адаптации растений Plantago maritima L. к приливно-отливной динамике на литорали Белого моря // Физиология растений. 2020. Т. 67, № 1. С. 75–83.

ИНФУЗОРИИ (CILIOPHORA) МИКРОПЕРИФИТОНА НЕКОТОРЫХ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Петрова Ю. А.[1, 2, 3]

[1]Департамент природных ресурсов и экологии города Севастополя, г. Севастополь
[2]Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
[3]ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь

Ключевые слова: пресный водоем, Крымский полуостров, микроперифитон, экомониторинг, биоиндикация, инфузории, сапробность.

Жизнедеятельность человека оказывает значительное негативное влияние не только на отдельные компоненты окружающей среды, но и экосистемы в целом. Для предотвращения негативного воздействия на водные экосистемы требуется оценка экологического состояния водоемов методами экологического мониторинга, в том числе биоиндикации с использованием индексов сапробности. В качестве индикаторных организмов удобно использовать инфузорий микроперифитона, которые не меняют своей локации, соответственно, на структуру их сообществ непосредственно влияют изменения факторов среды. Данный метод позволяет определить воздействие изменений природных факторов на организмы водных экосистем, выявить степень антропогенного влияния и загрязнения путем их ответной реакции на воздействие загрязняющих веществ, что позволяет определить весь совокупный негативный эффект.

В городе Севастополе расположено 35 пресных водоемов, однако инфузории пресных водоемов и водотоков Севастополя, как и полуострова Крым в целом, изучены крайне слабо. Так, для рек Черная и Бельбек (окрестности Севастополя) указан 91 вид инфузорий [1]. В пресных водоемах Крыма обнаружены несколько видов цилиат из класса Suctorea, один вид из подкласса Chonotrichia, и один вид из подкласса Apostomatia [2, 3]. При этом изучение инфузорий микроперифитона с использованием искусственных субстратов в пресных водоемах Крыма ранее не проводилось.

Цель работы – оценка экологического состояния некоторых пресных водоемов Севастополя с помощью инфузорий-индикаторов. Исследования проводились в прудах в природном парке регионального значения «Максимова дача» и на территории населенного пункта Балаклава. Искусственные субстраты (стекла обрастания 18×18 мм) экспонировали в специальных держателях в течении 7 суток. Определение инфузорий проводили in vivo в лаборатории. Индексы сапробности определяли по методу Пантле-Букка.

В пруду в Балаклаве на стеклах обнаружены два вида инфузорий: *Cyclophrya magna* Gönnert, 1935 и *Vorticella convallaria* (Claparede & Lachmann, 1858). В пруду в природном парке «Максимова дача» найдены 13 видов: *C. magna*, *Discophrya cothurnata* (Weise, 1847), *V. convallaria* (β-α-мезосапроб), *V. aquadulcis* Stokes, 1887 (α-β-мезосапроб), *V. campanula* Ehrenberg, 1831 (β-α-мезосапроб), *Opercularia coartata* (Claparede & Lachmann, 1858) (α-β-мезосапроб), *O. articulata* Goldfuss, 1820 (α-полисапроб), *O. nutans* (Ehrenberg, 1831) (β-α-мезосапроб), *Epistylis plicatilis* Ehrenberg, 1831 (β-α-мезосапроб), *Chilodonella uncinata* (Ehrenberg, 1838), *Paramecium* sp., *Euplotes* sp., *Colpoda* sp.

Семь видов отмечены впервые для пресных водоемов Крымского полуострова: *C. magna*, *D. cothurnata*, *V. aquadulcis*, *O. coartata*, *O. articulata*, *O. nutans*, *Epistylis plicatilis*.

Семь отмеченных видов включены в списки организмов-индикаторов сапробности. Поскольку большинство из них относится к β-α-мезосапробам, изученные пруды могут быть предварительно отнесены к β-мезосапробной зоне, т.е. вода в них может быть охарактеризована как умеренно чистая.

Список литературы

1. Галаджиев М. А. Материалы к фауне Protozoa пресных вод окрестностей Севастополя // Труды Крымского науч.-исслед. ин-та. 1927. Т. 1, вып. 2. С. 106–117.
2. Довгаль И. В. Распространение и изменчивость хонотрих (Ciliophora, Chonotrichia) фауны Украины. Сообщение 1. *Spirochona gemmipara* // Вестник зоологии. 2000. Т. 34, вып. 4–5. С. 87–92.
3. Dovgal I., Mayen-Estrada R. A taxonomic revision of order Pilisuctorida (Ciliophora, Apostomatia) with keys to the subordinate taxa // Zootaxa. 2015. Vol. 4040, iss. 5. P. 543–558. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4040.5.3
4. Довгаль И. В. Фауна Украины. Т. 36, вып. 1: Инфузории: Суктории (Ciliophora, Suctorea). Киев : Наукова думка, 2013. 272 с.

ПОЛОВОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ *NEOSYNEDRA DELICATISSIMA* (BACILLARIOPHYTA)

Подунай Ю. А.[1], Подунай Е. А.[2], Давидович О. И.[1], Давидович Н. А.[1]

[1]Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, пгт. Курортное
[2]МБОУ «Гимназия № 5 г. Феодосии Республики Крым», г. Феодосия

Ключевые слова: диатомовые водоросли, клоновая культура, половой процесс, гаметогенез, ауксоспора, инициальная клетка.

Пересмотр таксонов диатомовых водорослей на основе электронной микроскопии привел к описанию многочисленных новых родов, среди которых *Neosynedra* D. M. Williams & F. E. Round, 1986 – род морских диатомовых водорослей, выделенный из большого гетерогенного рода *Synedra* Ehrenberg, 1830 [1]. В 2006 году к роду был присоединен вид *N. delicatissima* (Proshkina-Lavrenko) Bukhtiyarova, 2006 (ранее *Fragilaria delicatissima* Proshkina-Lavrenko, 1960) [2]. Половое воспроизведение *N. delicatissima* описано А. М. Рощиным [3]. Однако некоторые особенности процесса остаются неизученными.

Клоновые культуры *N. delicatissima* были изолированы микропипеточным способом из проб, собранных в бухте Гравийная (Карадагский природный заповедник), затем содержались в 20 ‰ искусственной морской воде, приготовленной по рецепту ESAW с небольшими модификациями [4]. Культивирование и скрещивание проводили в стеклянных чашках Петри в изолированной комнате с постоянной температурой 20±2 °С при естественном освещении.

Клетки *N. delicatissima* соединены в зигзаговидные колонии, содержат два пластинчатых хлоропласта. Створки линейные, концы слегка головчатые. Диапазон апикальных размеров створок вегетативных клеток *N. delicatissima*, содержавшихся в культуре, составил от 15 до 133 мкм.

На третьи-четвертые сутки после посева смешанных клонов противоположного пола наблюдали аллогамный половой процесс. Для *N. delicatissima* отмечена морфологическая дифференциация полов, которую легко обнаружить на этапе гаметогенеза. В одном из гаметангиев, который мы определили как «женский», деление происходило в апикальной плоскости. Гаметы в начале своего развития располагались пристенно – каждая гамета у своей створки раскрывшегося гаметангия. Затем они постепенно округлялись и теряли связь со створкой. Второй из гаметангиев в паре продуцировал подвижные гаметы. По морфологическим признакам и по поведению гамет он был определен как «мужской». Деление содержимого мужского гаметангия происходило в трансапикальной плоскости. Вначале гаметы имели продолговатую форму и лежали внутри створок родительской клетки, затем они укорачивались, округлялись и, раздвигая створки гаметангия, выходили наружу. У таких гамет нами была обнаружена способность к вращению. Изучение показало наличие у вращающихся гамет появляющихся и исчезающих цитоплазматических выростов – структур, напоминающих псевдоподии. *N. delicatissima* – это еще один вид бесшовных диатомей, у которого в мужских гаметах отмечено наличие псевдоподий.

Спаривания родительских гаметангиев для копуляции гамет не требовалось, с гаметами из одного женского гаметангия могли слиться мужские гаметы из разных гаметангиев, причем расположенных на значительном расстоянии друг от друга и от женского гаметангия. После копуляции гамет формировалась шаровидная зигота, которая вскоре начинала удлиняться, формируя ауксоспору. Удлинение ауксоспоры происходило одновременно в обе стороны вдоль апикальной оси. Ауксоспоры не имели тесной связи со створками гаметангиев и могли формироваться как вблизи створок женского гаметангия, так и поодаль. Апикальный размер гаметангиальных клеток *N. delicatissima* варьировал от 20 до 63 мкм, длина наибольших инициальных клеток составила 133 мкм.

Вид *Neosynedra delicatissima* (syn. *Fragilaria delicatissima*) описан А. И. Прошкиной-Лавренко как эндемик Черного моря. Понимание особенностей полового процесса и жизненного цикла вида не только расширяет знания о биологии вида, но и позволит в дальнейшем изучить границы его распространения с помощью методов и подходов репродуктивной биологии.

Работа выполнена в рамках госзадания темы №121032300019-0 филиала ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН «Изучение фундаментальных физических, физиологических и биохимических, репродуктивных, популяционных поведенческих характеристик морских гидробионтов».

Список литературы

1. Williams D. M., Round F. E. Revision of the genus *Synedra* Ehrenb // Diatom Research. 1986. Vol. 1, iss. 2. P. 313–339. https://doi.org/10.1080/0269249X.1986.9704976
2. Bukhtiyarova L. N., Compère P. New taxonomical combinations in some genera of Bacillariophyta // Algologia. 2006. Vol. 16, iss. 2. P. 280–283.
3. Рощин А. М. Жизненные циклы диатомовых водорослей. Киев : Наукова думка, 1994. 171 с.
4. 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, вып. 2. С. 73–78. https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.2.06

РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ НЕРЕСТОВЫХ ВОДОТОКОВ КУМЖИ В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ СУББАССЕЙНА Р. ВИЛИЯ

Полетаев А. С., Колтунов В. В., Куницкий Д. Ф., Лещенко А. В.

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск

Ключевые слова: ихтиология, лососевые, кумжа, ихтиофауна, водотоки, Беларусь.

Кумжа (*Salmo trutta* L., 1758) является аборигенным для ихтиофауны Беларуси видом рыб. Исторически область распространения кумжи на территории современной Беларуси включала в себя водотоки бассейнов рек Западная Двина и Нёман, куда до зарегулирования данных рек в XX в. производители кумжи заходили из Балтийского моря. С середины 1960-х до конца 1990-х гг. кумжа, за исключением резидентной формы – ручьевой форели *S. t. morpha fario*, считалась исчезнувшим в Беларуси видом, пока в ходе натурных исследований притоков р. Вилия не был установлен факт захода проходной кумжи на нерест в ручей Тартак [1, 2]. Обе формы кумжи включены в Красную книгу Республики Беларусь, где проходной кумже присвоена I-я (высшая) категория национальной природоохранной значимости (CR – вид на грани исчезновения), а ручьевой форели – II-я (EN – исчезающий вид) [3].

Современная область распространения проходной формы кумжи в Беларуси охватывает участок суббассейна р. Вилия (бассейн р. Неман) от плотины Вилейского водохранилища до границы с Литвой. Миграции и нерест производителей кумжи отмечаются в самой р. Вилия и ряде её притоков на территории Островецкого и Сморгонского районов Гродненской области (реки Дудка, Сенканка, Кемелина, Гозовка, Бяла, Страча, Лоша, Ошмянка, ручьи Тартак, Дуда и Петропольский, а также, вероятно, ряд других водотоков). Отдельные особи поднимаются по р. Вилия до плотины Вилейского водохранилища, а также по р. Нарочанка до оз. Нарочь.

С 2009 г. проводится мониторинг рыбного населения четырёх притоков первого порядка р. Вилия – нерестовых водотоков кумжи на территории Островецкого р-на: ручья Тартак, рек Дудка (включая приток – ручей Дуда), Сенканка и Кемелина. Биотопически водотоки на нерестовых участках характеризуются следующими параметрами: русло сильно извилистое, шириной от 2 до 7–8 м, глубина от 0,1 до 1 м (встречаются отдельные ямы глубиной до 1,5 м), скорость течения 1,0–1,5 $м \cdot с^{-1}$. Дно сложено крупным песком, галькой и камнями, имеются отдельные валуны и завалы из упавших деревьев. Отмечаются следы деятельности бобра. В целях мониторинга проводятся контрольные обловы на участках водотоков протяжённостью 50-100 м. Отлов рыб ведется электроловильной установкой «Samus – 725 MP» по разрешению Минприроды. Отловленных рыб после учёта размерно-возрастных показателей выпускают в месте вылова в живом виде. Обработка первичного материала ведётся с помощью стандартных методов ихтиологических исследований [4].

Состав рыбного населения мониторинговых водотоков был типичен для малых водотоков суббассейна р. Вилия. Наши исследования показали обитание в водотоках не менее 1 вида миног – европейской ручьевой миноги *Lampetra planeri* (Bloch, 1784). Нельзя также исключать возможность захода на нерест в данные водотоки проходной речной миноги *L. fluviatilis* (L., 1758), однако из-за визуальной неразличимости личинок миног рода *Lampetra* подтвердить факт захода речной миноги возможно лишь в сезон её нереста, в который работы не проводились, вследствие чего всех отловленных личинок миног определяли как *L. planeri*.

В общей сложности в исследованных водотоках обитало не менее 17 видов рыб, принадлежащих к 7 отрядам и 11 семействам. Отряд Salmoniformes в ихтиофауне мониторинговых водотоков представлен 2 видами из сем. Salmonidae: кумжей *Salmo trutta* L., 1758 (включая как проходную, так и резидентную формы) и лососем атлантическим *S. salar* L., 1758, единично встречающимся в р. Сенканка. Семейство Esocidae (отряд Esociformes) представлено 1 видом – щукой обыкновенной *Esox lucius* L., 1758. Также 1 видом – девятииглой колюшкой *Pungitius pungitius* (L., 1758) – представлено сем. Gasterosteidae отряда Gasterosteiformes.

Наибольшим числом видов (8) в мониторинговых водотоках представлен отряд Cypriniformes. Отмечены по 1 представителю семейств Balitoridae – голец усатый *Barbatula barbatula* (L., 1758) и Cobitidae – щиповка обыкновенная *Cobitis taenia* L., 1758. Наиболее многочисленное в ихтиофауне Беларуси семейство Cyprinidae представлено 6 видами: быстрянкой обыкновенной *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), пескарём обыкновенным *Gobio gobio* (L., 1758), ельцом обыкновенным *Leuciscus leuciscus* (L., 1758), голавлём *Squalius cephalus* (L., 1758), плотвой обыкновенной *Rutilus rutilus* (L., 1758) и гольяном обыкновенным *Phoxinus phoxinus* (L., 1758). Семейство Lotidae отряда Gadiformes представлено 1 видом – налимом обыкновенным *Lota lota* (L., 1758).

В мониторинговых водотоках были отмечены представители 3 семейств отряда Perciformes, каждое из которых представлено 1 видом: сем. Percidae – речным окунем *Perca fluviatilis* L., 1758; сем. Odontobutidae – ротаном-головешкой *Perccottus glenii* Dybowski, 1877; сем. Gobiidae – бычком-песочником *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814). Следует отметить, что ротан-головешка и бычок-песочник включены в Чёрную книгу инвазивных видов животных Беларуси и являются нежелательными в ихтиофауне лососевых водотоков. Отмечен также 1 представитель сем. Cottidae (отряд Scorpaeniformes) – подкаменщик обыкновенный *Cottus gobio* L., 1758.

По требованиям к среде обитания 10 из 18 отмечаемых в водотоках видов (55,6 %) относятся к реофильным, 8 (44,4 %) – к общепресноводным. По экологии нереста 10 видов (55,6 %) являются литофилами, 6 (33,3 %) – фитофилами и по 1 виду (по 5,5 %) – пелаго- и псаммофилами. В структуре рыбного населения всех мониторинговых водотоков доминировала молодь кумжи обеих экологических форм (в данном возрасте формы неразличимы), принадлежащая возрастным группам от 0+ до 2+. Особи кумжи старших возрастных групп вне периода нереста в данных водотоках отмечены единично. По всей видимости, в нерестовых водотоках кумжа обитает 2–3 года, после чего в поисках более обильной кормовой базы начинает скатываться в реку Вилия и, в случае проходной формы, далее в Балтийское море. В ручьях Тартак и Дуда молодь кумжи составляла более 85 % (в отдельные годы до 100 %) рыбного населения, остальную часть составляли единичные особи девятииглой колюшки, налима, ручьевой миноги, щуки и усатого гольца. В реках Дудка, Кемелина и Сенканка доля кумжи несколько ниже и, как правило, составляла от 50 до 80%. Субдоминантными видами в структуре рыбного населения всех названных рек был елец (в р. Кемелина его численность в отдельные годы сопоставима с численностью кумжи) и усатый голец. В отдельных водотоках нерегулярно отмечали высокую численность быстрянки, голавля, подкаменщика и ручьевой миноги. Наибольшее количество видов (все, кроме гольяна) было отмечено в р. Сенканка, наименьшее – в верховьях ручья Тартак (исключительно молодь кумжи).

Список литературы

1. Жуков П. И. Рыбы Белоруссии. Минск : Наука и техника, 1965. 414 с.
2. Ермолаев В. В., Плюта М. В., Ризевский В. К. Проходные лососевые рыбы Беларуси // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2005. Т. 21. С. 217–223.
3. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой виды диких животных. 4-е изд. Минск : Бел. энц. ім. П. Броўкі, 2015. 320 с.
4. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). 4-е изд. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 267 с.

КОНЦЕНТРАЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА *А* В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (АВГУСТ – СЕНТЯБРЬ 2023 Г.)

Саушева А. А.[1], Самойлов М. А.[2], Давыдова Д. Г.[3], Чурилова Т. Я.[4], Моисеева Н. А.[4], Скороход Е. Ю.[4]

[1]Мордовский государственный университет, г. Саранск
[2]Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный
[3]МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва
[4]ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь

Ключевые слова: продуктивность вод, концентрация хлорофилла а, прозрачность вод, прибрежные воды, полуостров Камчатка.

В современном мире возрастают климатическое и антропогенное воздействия на окружающую среду. Актуальность современной оценки продуктивности прибрежных вод Камчатки обусловлена вредоносными цветениями фитопланктона и заморными явлениями, которые общественность наблюдала в 2021 г.

Целью исследований была оценка современного состояния продуктивности прибрежных вод Камчатки на основе данных о концентрации хлорофилла *a* (TChl-*a*). В работе использовали данные, полученные в морской экспедиции на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Мультановский» в прибрежные воды Камчатки и прилегающие районы Тихого океана и Охотского моря с 16 августа по 20 сентября 2023 г. В результате анализа полученных данных были сделаны следующие выводы: в исследуемой акватории отмечена высокая пространственная изменчивость TChl-*a,* как в поверхностных водах (0,7–14 мг м$^{-3}$), так и в пределах зоны фотосинтеза (разные типы профилей TChl-*a).* По продуктивности выделялись воды в Авачинской губе, где концентрация в верхнем слое достигала максимальных значений (16 мг м$^{-3}$). Исследованная акватория и, в особенности, тихоокеанские воды отличались многообразием типов вертикального распределения TChl-*a*. Выделялись четыре типа: 1 тип – максимальные значения TChl-*a* в приповерхностном слое, 2 тип – несколько максимумов TChl-*a* в результате ступенчатой плотностной стратификации вод в пределах зоны фотосинтеза, 3 тип – узкий мощный максимум TChl-*a* в градиенте плотности, 4 тип – однородное распределение TChl-*a*, обусловленное глубоким перемешиванием вод и заглублением верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) практически до нижней границы зоны фотосинтеза.

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-01593-23-06), исследование вариабельности концентрации хлорофилла «а» выполнено в рамках темы гос. задания ФИЦ ИнБЮМ (№ 121040100327-3).

О СОВРЕМЕННОМ ТАКСОНОМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Смирнова Е. А.

ФИЦ «Южный научный центр РАН», г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: биология, макрозообентос, донная фауна, водные беспозвоночные, гидробионты, Таганрогский залив.

Фауна Таганрогского залива сильно подвержена различным изменениям, происходящим в его акватории, и отвечает на них трансформацией сообществ донных беспозвоночных. На сегодняшний день данный район является хорошо освоенным хозяйственной деятельностью, интенсивность которой ежегодно возрастает. Кроме того, сгонно-нагонные явления способствуют проникновению осолоненных вод Азовского моря в Таганрогский залив и дельту Дона, чему способствует прорезь Азово-Донского морского канала. В связи с тем, что бентосные организмы имеют многолетний жизненный цикл и являются биологическими индикаторами, необходимо изучение фаунистической структуры залива, позволяющее проследить за качеством водных объектов.

Целью исследования является изучение современного таксономического состава макрозообентоса Таганрогского залива. Для реализации цели были определены систематическое положение бентосных организмов и их количественные показатели:

численность и биомасса, пересчитанные на 1 м^2.

Материалом для настоящего исследования послужили пробы, отобранные Южным научным центром РАН (ЮНЦ РАН) в ходе экспедиционных исследований Таганрогского залива в 2021 г. на НИС «Денеб». Применялись стандартные гидробиологические методы отбора и обработки проб [1]. Отбор производился дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,034 м^2, затем биологический материал промывался через бентосный мешок (размер ячейки 0,5 мм) и фиксировался 4 %-ным раствором формалина. В лабораторных условиях проводилась дальнейшая обработка проб.

Всего отобрано и обработано 14 проб, в которых обнаружено 19 таксонов макрозообентосных организмов, из них 13 определены до видового ранга.

В результате исследования было выявлено, что для восточной части Таганрогского залива характерны сообщества с доминированием личинок *Chironomus* cf. *plumosus* (Linnaeus, 1758) с численностью до 4853 экз·м$^{-2}$ и биомассой до 88,235 г·м$^{-2}$. В роли субдоминанты выступает солоноватоводная полихета *Alitta succinea* (Frey et Leuckart, 1847) (до 1235 экз·м$^{-2}$ и 4,941 г·м$^{-2}$). Также на этих станциях с илисто-ракушевым грунтом были обнаружены *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) (до 2324 экз·м$^{-2}$ и 235,294 г·м$^{-2}$), *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (до 29 экз·м$^{-2}$ и 0,324 г·м$^{-2}$) и Tubificidae (Vejdovsky, 1876) (до 2676 экз·м$^{-2}$ и 0,118 г·м$^{-2}$).

В центральной части залива на илистых грунтах отмечены сообщества, представленные в основном полихетами. Помимо *A. succinea*, которая продолжает занимать субдоминантную позицию на всех станциях, были обнаружены следующие доминирующие виды: *Streblospio gynobranchiata* (Rice & Levin, 1998) и *Polydora cornuta* (Bosc, 1802), достигающие численности до 11243 и 12529 экз·м$^{-2}$ соответственно, а также *Marenzelleria neglecta* (Sikorski & Bick, 2004) (до 1500 экз·м$^{-2}$). Примечательно, что эти три вида многощетинковых червей относятся к вселенцам, натурализовавшимся в Таганрогском заливе после повышения солености вод в его центральной части.

Западная часть залива характеризуется сообществами гидробионтов с доминированием двустворчатых моллюсков, которые значительно увеличивают общую биомассу бентоса на некоторых станциях. Здесь были обнаружены *Mya arenaria* (Linnaeus, 1758) с наибольшей биомассой до 936,794 г·м$^{-2}$, *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (до 405,882 г·м$^{-2}$) и *Mytilus galloprovincialis (*Lamarck, 1819) (до 152,9 г·м$^{-2}$). Однако особую роль в сообщества здесь продолжают вносить полихеты, так был отмечен обычный для Азовского моря морской вид *Nephtys hombergii* (Savigny in Lamarck, 1818) с численность до 382 экз·м$^{-2}$ и биомассой до 3,647 г·м$^{-2}$.

В результате проведенного исследования были выявлены характерные особенности. Так, в современных макрозообентосных сообществах Таганрогского залива количественно преобладают многощетинковые черви, таксоценоз которых меняется с продвижением с востока на запад. Морские эврибионтные моллюски обнаружены только в западной части залива и вносят большой вклад в биомассу сообществ.

Список литературы

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.

ПИТАНИЕ ГЛУБОКОВОДНОГО КИЩЕЧНОДЫШАЩЕГО *QUATUORALISIA MALAKHOVI* (ENTEROPNEUSTA: TORQUARATORIDAE) ИЗ БЕРИНГОВА МОРЯ

Трухан М. А.[1], Ежова О. В. [1], Лукиных А. И. [1] , Крылова Е. М.[2], Галкин С. В.[2], Гебрук А. В.[2], Тиунов А. В.[3], Щепетов Д. М.[1], Розанова О. Л.[3], Георгиев А. А.[1], Малахов В. В.[1]

[1] Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва
[2] Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
[3]Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Ключевые слова: биология, экология, морфология, содержимое кишечника, морской грунт, молекулярно-генетический анализ, анализ стабильных изотопов, СЭМ, диатомовые водоросли.

В 2005 году было описано новое семейство полухордовых кишечнодышащих – Torquaratoridae [1]. Торквараториды, объединившие большинство глубоководных представителей класса Enteropneusta, характеризуются яркими особенностями строения и жизнедеятельности. В 2016 году во время экспедиции НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в Берингово море был обнаружен новый вид торквараторид, описанный как *Quatuoralisia malakhovi* (Ezhova et Lukinykh, 2022). В ходе экспедиции была зафиксирована неожиданно высокая численность этих торквараторид на склонах массива Вулканологов Командорской котловины Берингова моря на глубине от 1830 до 2290 м – до 12 экз м^2 [2]. Этот показатель на два порядка превышает все отмеченные ранее максимальные значения. На этом горизонте глубин *Q. malakhovi* доминируют в донном сообществе, вытесняя с лидирующих позиций голотурий [2]. Чтобы прояснить феномен столь высокой численности кишечнодышащих, мы решили проанализировать место *Q. malakhovi* в трофической структуре сообщества Командорской котловины: мы исследовали строение пищеварительной системы и содержимое кишечника обнаруженных торквараторид, а также морской грунт из места их обитания.

Материал был сфотографирован *in situ* и собран во время рейсов 75 (2016 г.) и 82 (2018 г.) НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в Берингово море с помощью телеуправляемого подводного аппарата «Comanche 18». При исследовании применялись следующие методы:

1) изучение пищедобывающего аппарата, строения пищеварительного тракта и его содержимого по сериям гистологических срезов *Q. malakhovi*;

2) изучение содержимого кишечника *Q. malakhovi* и морского грунта из его местообитания методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ);

3) молекулярно-генетический анализ содержимого кишечника *Q. malakhovi* с использованием праймеров, специфических для диатомовых водорослей, а также универсальных хлоропластных праймеров;

4) анализ соотношения стабильных изотопов углерода и азота в тканях и в содержимом кишечника *Q. malakhovi*, а также в морском грунте из местообитания животного; грунт также был изучен методом сухого озоления;

5) изучение фотографий и видеозаписей *Q. malakhovi in situ*.

Q. malakhovi ведёт эпибентосный образ жизни, собирая верхний слой донного осадка. Ротовое отверстие *Q. malakhovi* лежит между хоботом и воротником и окружено тремя воротниковыми губами: непарной мидвентральной и двумя латеральными. По желобкам на этих губах частички осадка поступают в рот.

Пищеварительный тракт *Q. malakhovi* включает жаберную глотку, печёночный отдел и постпечёночный отдел. Стенки жаберной глотки пронизаны на дорсальной стороне жаберными щелями, а по бокам представлены двумя каналами, которым пищевые частицы перемещаются в печёночный отдел. В этом отделе имеются многочисленные метамерные печёночные отростки; здесь осуществляется внутриклеточное пищеварение. Непереваренные остатки поступают далее в постпечёночный отдел. Здесь весь просвет кишечника заполнен дисперсной смесью темно-зеленого цвета, состоящей из хлопьев детрита и остатков различных организмов. Последние представлены в большом количестве центрическими диатомовыми водорослями, в меньшем количестве пеннатными диатомовыми, спикулами губок, элементами скелета иглокожих, а также заглоченными фекальными пеллетами других животных. Основные компоненты пищевого комка, характерные для *Q. malakhovi*, отмечены и для других торкваторатид [1, 3, 4].

Поставленные ПЦР показали отсутствие хлоропластной ДНК в содержимом кишечника. Под СЭМ видно, что в донном грунте содержится значительно больше неорганических частиц, чем в содержимом кишечника. Согласно данным, полученным методом сухого озоления, донный грунт содержит 5,4% органического вещества. Процентное содержание углерода и азота в содержимом кишечника *Q. malakhovi* значительно больше, чем в донном грунте. Всё это свидетельствует о наличии у *Q. malakhovi* механизма избирательности питания. Трофическое обогащение по ^{15}N и ^{13}C очень велико: 5,6 и 3,9 ‰ соответственно. Результаты изотопного анализа показывают, что *Q. malakhovi* получает питательные вещества преимущественно из потреблённого детрита, а не из диатомовых водорослей, так как детрит обычно более обогащён тяжёлым азотом, чем фитопланктон. Результаты молекулярно-генетического анализа содержимого кишечника *Q. malakhovi* также позволяют предположить, что основным источником питательного вещества для этого животного служат не диатомовые водоросли.

Таким образом, трофическая ниша, занимаемая *Q. malakhovi*, близка к трофической нише эпибентосных голотурий-детритофагов, а вероятная избирательность питания может позволять торкваторидам достигать большой численности и доминировать в донном сообществе склона Массива Вулканологов Командорской котловины Берингова моря.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 23-24-00066.

Список литературы

1. Holland N. D., Clague D. A., Gordon D. P., Gebruk A., Pawson D. L., Vecchione M. ‘Lophenteropneust’ Hypothesis Refuted by Collection and Photos of New Deep-sea Hemichordates // Nature. 2005. Vol. 434. P. 374–376. https://doi.org/10.1038/nature03382
2. Rybakova E., Galkin S., Gebruk A., Sanamyan N., Martynov A. Vertical Distribution of Megafauna on the Bering Sea Slope Based on ROV Survey // PeerJ. 2020. Vol. 8. P. e8628. https://doi.org/10.7717/peerj.8628
3. Holland N. D., Jones W. J., Jacob E., Ruhl H. A., Smith K. L. A New Deep-Sea Species of Epibenthic Acorn Worm (Hemichordata, Enteropneusta) // Zoosystema. 2009. Vol. 31. P. 333–346. https://doi.org/10.5252/z2009n2a6
4. Osborn K. J., Gebruk A. V., Rogacheva A., Holland N. D. An Externally Brooding Acorn Worm (Hemichordata, Enteropneusta, Torquaratoridae) from the Russian Arctic // Biological Bulletin. 2013. Vol. 225. P. 113–123. http://www.jstor.org/stable/23595226

ОСОБЕННОСТИ ЛАМПОВОЙ ФЛОРЫ СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ

Федоров А. С.[1], Кривошеева Е. А.[1], Ковалева А. О.[1], Мазина С. Е.[1,2]

[1] Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы
[2] Государственный университет по землеустройству

Ключевые слова: ламповая флора, Скельская пещера, водоросли, цианобактерии.

Во всех экскурсионных пещерах, оборудованных стационарными источниками освещения, начинает развиваться ламповая флора. Ламповая флора – устоявшийся термин, которым называют сообщества обрастаний в пещерах, которые растут в освещенной зоне вокруг ламп. В состав ламповой флоры входят фотосинтезирующие виды: цианобактерии, водоросли, мохообразные, папоротники и покрытосемянные. Ламповая флора влияет на визуальное восприятие подземной среды, меняет видовой состав полости и оказывает влияние на трофические цепи пещеры.

В некоторых пещерах никаких действий по отношению к сообществам обрастаний не производится. Площади обрастаний и структура сообществ будут зависеть от количества ламп, мощности и спектра освещения. Для небольших пещер и пещер с единственным входом характерно образование сходных между собой сообществ под каждой лампой, а видовой состав стремится к видовому составу входной фотической зоны пещеры [1, 2]. В крупных подземных полостях ламповая флора, занимающая небольшую часть поверхности сводов и пола пещеры, незначительно изменяет экосистему, условно, «продолжая» зону входа. Для мелких пещер и пещер с активными потоками такие сообщества могут либо занять большие площади.

Ламповую флору можно удалять, для чего применяют различные химические реагенты или физические методы, вплоть до механического соскабливания флоры с породы и натечных образований. Наиболее эффективными методами признаны сильные окислители, например гипохлорит натрия или кальция, перекись водорода, имеющие также отбеливающий эффект.

Наилучшим вариантом является избегание роста ламповой флоры, заключающееся в применении современных осветительных приборов, учете при установке источников освещения путей заноса зачатков флоры и применении динамичной системы освещения с ограничением времени освещения. К сожалению, такой подход пока не распространен в мировой практике музеефикации пещер.

Скельская пещера была открыта в 1904 году, в 1947 году она стала памятником природы. Пещера расположена в Севастопольском районе Республики Крым, на южном склоне Ай-Петринского отрога в устьевой части долины Карадагского леса, высота входа над уровнем моря 350 м. Протяженность пещеры 630 м, перепад высот 65 м (от -45 до +20), площадь 1140 м^2, объем 11000 м^3. Пещера образована в результате тектонического разлома, заложена в толсто-слоистых верхнеюрских известняках, которые подстилают верхнеюрские, среднеюрские и нижнеюрские известняки и триасовые флишоиды, заполняющие собой выходы глубинных разломов.

Вход пещеры представлен 30-метровым круто-наклонным сифонным каналом, выводящим в коррозионно-гравитационную полость, нижняя часть которой заполнена глыбово-обломочным материалом почти на 60 м. В глыбовом завале есть узкие ходы, которые продолжаются в коренных известняках и выводят в трещинно-сифонную систему, которая расположена под Скельской котловиной. Меженный уровень подземных вод в пещере находится на глубине примерно 45 м от входа, таким образом нижняя часть пещеры заполнена карстовыми водами. Уровень вод в пещере сильно зависит от осадков и изменяется в течение сезона. В пещере есть два озера, Старое и Новое, глубина которых по разным оценкам составляет от 30–40 [3], до более 60 и до 400 метров, в зависимости от метода оценки. Уровень в периоды паводков, в случае одновременного интенсивного снеготаяния и большого объема осадков могут наблюдаться явления излияния вод из пещеры [3], частота которых указывается как раз в 1-2 десятилетия. Пещера открыта для экскурсий в 2003 году. Температура воздуха в пещере составляет около +15 ˚С в верхних этажах и +12 ˚С в нижних галереях, температура воды в озерах 7–9 ˚С, она зависит от сезона и меняется в периоды паводков, зависит от поступления воды с поверхности [3].

Обследование пещеры было проведено в сентябре 2018 года. В пещере проводится периодическое удаление ламповой флоры с применением хлорсодержащих средств, отбор образцов проводился непосредственно после очистки, о чем свидетельствовал запах соответствующих средств. Только в некоторых местах под лампами были визуально заметные пятна. На одном труднодоступном участке под сводами пещеры были мощные разрастания флоры площадью около 6 квадратных метров, включавшие мхи и заростки папоротников. В этом месте очистка не проводилась. Были отобраны образцы обрастаний на данном участке, соскобы и мазки под всеми лампами. Образцы были исследованы с помощью прямого микроскопирования, далее проведены посевы на среду Громова №6 и Бристоль из всех отобранных образцов. В составе видов преобладала зеленая одноклеточная водоросль *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890) и цианобактерии родов *Phormidium, Leptolyngbya, Aphanocapsa, Gloeocapsa*. На большинстве участков в соскобах присутствовала протонема мхов. Видовой состав ламповой флоры водорослей и цианобактерий на 76% совпадал с видовым составом альгофлоры входной зоны пещеры. Мох в составе ламповой флоры был идентифицирован как Hypnum sp. Таким образом при формировании ламповой флоры выявлены основные характерные особенности, свойственные разным пещерам [1, 2, 4]. Расположение пещеры в лесу с мощным моховым покровом, способствует проникновению зачатков мохообразных в пещеру. Сходство видового состава на разных участках вокруг ламп свидетельствует о перераспределении флоры в процессе очистки флоры, то есть можно предположить, что помимо обработки реагентами в пещере применяют механические средства очистки, которые способствуют переносу видов по пещере.

Влияние эксплуатации пещеры и проводимых очисток на видовой состав пещеры необходимо проводить, оценивая динамику состава микробиоты, бактерий и микромицетов, а также беспозвоночных. Анализ состава видов фотических зон окрестных пещер полезно для прогнозирования развития сообществ ламповой флоры.

Список литературы

1. Popkova A., Mazina S., Lashenova T. Phototrophic communities of Ahshtyrskaya Cave in the condition of artificial light // Ecologica Montenegrina. 2019. Vol. 23. P. 8–19. https://www.biotaxa.org/em/article/view/57548

2. Mazina S. E., Kozlova E. V. Lampenflora of Lipska cave, Montenegro. Cave and Karst Science. UK, 2018. 46–50 p.

3. Батраков Г. Ф. Дочерние продукты распада радона-222 в воздухе Крымских пещер // Системы контроля окружающей среды. 2007. Вып. 10. С. 314–317.

4. Мазина С. Е., Концевова А. А., Юзбеков А. К. Фотосинтезирующие виды пещеры Новоафонская, развивающиеся в условиях искусственного освещения // Естественные и технические науки. 2015. Т. 10, вып. 88. С. 162–171.

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И АКВАКУЛЬТУРА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ ПРОИЗВОДНЫХ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS* В КОМБИНАЦИИ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ СИНЕРГИСТАМИ НА ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНА ЗРЕНИЯ У ПРИМАТОВ

Агаджанова Н. Э.[1], Туманова А. Л.[1], Чжу О. П.[2].

[1]Научно-исследовательский институт медицинской приматологии, г. Сочи
[2]НИМЦ "Экологии и здоровья человека", г. Сочи

Ключевые слова: лечебно-оздоровительный туризм, эпидемиологические угрозы, эпидемиологическая защита, здоровье человека, агро- и акваэкологические технологии, безопасное питание, «живые» хлорелловые продукты биологически активные вещества (БАВ), микроводоросли хлореллы.

Многолетние совместные исследования НИМЦ «Экологии и здоровья человека», проводимые с 2004 г., совместно с кафедрой физиологии СФРУДН, НИИ медицинской приматологии и экспериментально-практические внедрения с НИИЭПиТ АНА (Абхазия) легли в основу проекта «ЭКОПОЛИС», учитывающего специфику островных и прибрежных морских и соблюдения экологических норм, учитывающих факторы влияния на здоровье населения, проживающего на этих территориях [1,2,3].

Первый эксперимент на павианах был начальным этапом в рамках запланированного в 2017 г. совместного с РУДН, НИМЦ «Экологии и здоровья человека» д.м.н., профессором Тумановой А. Л НИРа, который выполнялся под патронажем д.м.н., профессора, академика Б.А. Лапина, директора НИИМП совместно с группой ведущих учёных. Испытание штамма ИФР С № 111 проводились, соответственно, и на растениях, и на животных.

Выявлено влияние концентрата «Живая хлорелла» на состояние здоровья приматов, укрепление их иммунной системы. Определены возрастные особенности физиологических, эндогенных и гематологических индикаторов реагирования организма и перспективные направления разработки биодобавок и технологий безопасного питания [3,4]. В основу этой работы должны лечь инновационные эко-медицинские модели, включающие агро- и акваэкологические технологии (безопасное питание, водоснабжение, безотходное производство и др.), подготовленные с использованием пресноводной микроводоросли «Живая хлорелла» – *Chlorella vulgaris* (штамм ИФР С № 111), имеющей высокие антибактериальные свойства, зарекомендовавшей себя в качестве идеального иммуномодулятора. Результаты позволяют обоснованно рекомендовать лечебно-оздоровительным учреждениям туристско-рекреационного комплекса использование экологически-чистых биотехнологий на основе производных микроводоросли *Chlorella vulgaris* (штамм ИФР С №111).

Список литературы

1. Агрба В. З., Туманова А. Л., Доклинические исследования препарата на основе производных микроводоросли «Живая хлорелла», "живых непатогенных пробиотических продуктов" и фитопродуктов черноморского побережья Кавказа //

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 7. С. 73–77.

2. Туманова А. Л., Кочетков Н. М. Аспекты экологически безопасного питания в обеспечении эпидемиологической защиты курортов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 11. С. 66–69.

3. Туманова А. Л., Миквабия З. Я. Организационно-экологические аспекты обеспечения устройство развития регионов. «ЭКОПОЛИС» в Абхазии как образец внедрения инновационных биотехнологий сохранения экологии рекреационных зон, курортных ресурсов и здоровья человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10-1. С. 127–131.

4. Туманова А. Л., Миквабия З. Я., Ахуба Л. О., Пачулия Е. Р. Медико-экологические факторы нарушения здоровья населения и инновационные методы их профилактики. Эксперимент по влиянию и отдалённым результатам применения профилактических хлорелловых напитков на организм приматов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10-2. С. 307–312.

ОЦЕНКА ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ ГЕМОЦИТОВ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ЗЕЛЕНОЙ МИКРОВОДОРОСЛЬЮ *COCCOMYXA PARASITICA*

Богачева Е. А., Кухарева Т. А., Андреева А. Ю., Кладченко Е. С., Челебиева Э. С.

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

Ключевые слова: зеленые микроводоросли, Coccomyxa, паразит, фагоцитоз.

В последние десятилетия аквакультурная промышленность вносит существенный вклад в увеличение мировых запасов продовольствия, в том числе в связи с интенсификацией культивирования двустворчатых моллюсков [1]. Одной из основных проблем марикультурных хозяйств является высокий процент смертности моллюсков, связанный со вспышками инфекционных заболеваний на фермах [2]. Для минимизации экономического ущерба на ферме необходим своевременный контроль состояния здоровья объектов культивирования, оценка восприимчивости моллюсков к потенциальным патогенам и понимание рисков массового распространения инфекций. Основу иммунной системы двустворчатых моллюсков представляют собой клетки, циркулирующие в гемолимфе – гемоциты. Их функциональная роль позволяет использовать данный тип клеток в качестве репрезентативной модели для оценки иммунного потенциала и общего здоровья моллюсков. Одним из наиболее показательных параметров является расчет активности фагоцитоза [3]. В настоящее время среди фотосинтезирующих микроорганизмов наибольшую угрозу для двустворчатых моллюсков представляют зеленые паразитические микроводоросли рода *Coccomyxa*. Инвазия *Coccomyxa parasitica* Stevenson & South, 1974 была обнаружена у целого ряда двустворчатых моллюсков, в том числе объектов марикультурного промысла, в разных регионах Мирового Океана. При этом отмечено негативное влияние *C. parasitica* на моллюсков: ярко выраженная зеленая окраска тканей и органов, эрозия и деформация раковины, снижение метаболической, фильтрационной и репродуктивной активности, ранняя гибель [4].

Целью данной работы была экспериментальная оценка (*in vitro*) способности гемоцитов мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 к фагоцитозу клеток паразитической микроводоросли *C. parasitica*.

Гемолимфу отбирали стерильным шприцом из аддуктора мидий *M. galloprovincialis* (n=25) и трижды отмывали в стерильной морской воде путем центрифугирования (500 g, 5 мин). Суспензию гемоцитов (90 мкл) после отмывки (концентрация клеток $1 \cdot 10^6$ кл.·мл$^{-1}$) помещали на предметные стекла, спустя 30 минут туда же помещали объекты фагоцитарной реакции (в соотношении 2:1) и инкубировали в течение 1, 2 и 3 часов. Для сравнения специфики фагоцитоза в отношении *C. parasitica* также проводили анализ фагоцитоза гемоцитами частиц *Zimosan A* из *Saccharomyces cerevisiae* (Sigma Z4250-1G) и зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beyerinck, 1890. *C. parasitica* была выделена в Дальневосточном регионе Российской Федерации из зараженных двустворчатых моллюсков *Modiolus kurilensis* Bernard, 1983 и адаптирована к солености 18 ‰ в лабораторных условиях. Выбрали *Chlorella vulgaris* (штамм IBSS 19). В работе использовали микроскоп Olympus CX43, оснащенный камерой Olympus DP28. Фагоцитарную активность (ФА) гемоцитов рассчитывали как процент клеток, поглотивших частицы *Zimosan A* или клетки микроводорослей. Фагоцитарный индекс (ФИ) рассчитывали путем подсчета среднего числа поглощенных частиц *Zimosan A* или клеток микроводорослей на один гемоцит. Проанализировано по 1000 гемоцитов на группу.

Способность гемоцитов к фагоцитозу отмечена в отношении всех трех объектов (*Zimosan A*, *C. vulgaris*, *C. parasitica*). Кроме того, полученные данные позволили количественно оценить ФА гемоцитов в зависимости от времени инкубации.

ФА гемоцитов в отношении частиц *Zimosan A* достигла максимального значения после 2 часов инкубации и составила 98,9±0,7, незначительно снизившись к 3 часу взаимодействия. При инкубации гемоцитов с клетками обоих видов микроводорослей наблюдалась иная динамика. Уже после 1 часа инкубации с клетками *C. vulgaris* значения ФА были ниже в сравнении с *Zimosan A* на 17 % ($p<0{,}01$). Однако дальнейшие изменения в способности гемоцитов к фагоцитозу в отношении клеток *C. vulgaris* можно отметить только на уровне тенденции: через 2 часа инкубации ФА снизились примерно на 12 % и вновь увеличились на 7 % к 3 часу. При взаимодействии гемоцитов с потенциальным патогеном *C. parasitica* наиболее высокие значения ФА и ФИ отмечены к 1 и 3 часу воздействия. При этом количественные значения ФА при взаимодействии с патогенным микроорганизмом были ниже в 3,6–5,3 раза в сравнении с *Zimosan A* ($p<0{,}01$) и 1,7–2,2 раза – в сравнении с *C. vulgaris* ($p<0{,}01$).

Таким образом, при взаимодействии клеток гемолимфы средиземноморской мидии *M. galloprovincialis* и паразитической зеленой микроводоросли *C. parasitica* отмечен факт фагоцитирования, однако ФА была существенно ниже в сравнении с *Zimosan A* и *C. vulgaris,* что может указывать на иммуносупрессивное влияние потенциального патогена.

Работа выполнена в рамках госзадания 121102500161-4 «Закономерности организации иммунной системы промысловых гидробионтов и исследование влияния факторов внешней среды на функционирование их защитных систем».

Список литературы

1. Van der Schatte Olivier A., Jones L., Vay L. L., Christie M., Wilson J., Malham S. K. A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture // Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12, iss. 1. P. 3–25. https://doi.org/10.1111/raq.12301

2. Brian J. I., Ollard I. S., Aldridge D. C. Don't move a mussel? Parasite and disease risk in conservation action // Conservation Letters. 2021. Vol. 14, iss. 4. P. e12799. https://doi.org/10.1111/conl.12799

3. Allam B., Raftos D. Immune responses to infectious diseases in bivalves // Journal of Invertebrate Pathology. 2015. Vol. 131. P. 121–136. https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.05.005

4. Sokolnikova Y., Tumas A., Stenkova A., Slatvinskaya V., Magarlamov T., Smagina E. Novel species of parasitic green microalgae Coccomyxa veronica sp. nov. infects Anadara broughtonii from the Sea of Japan // Symbiosis. 2022. Vol. 87, iss. 3. P. 293–305. https://doi.org/10.1007/s13199-022-00877-6

ДИНАМИКА КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ГАЛОФИТА *HONCKENYA PEPLOIDES* (L.) EHRH. В ТЕЧЕНИЕ СУТОК

Добычина Е. О.[1], Рыжик И. В.[1], Ломака А. А.[2]

[1]ФГБУН Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
[2] ФГБОУ ВО Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск

Ключевые слова: галофит, Honckenya peploides, антиоксиданты, суточные изменения, приливно-отливный цикл.

Галофиты представляют собой растения, произрастающие на засоленных почвах. *Honckenya peploides* (L.) (Гонкения бутерлаковидная, сем. Гвоздичные) распространена по всему побережью Баренцева моря, а также в Западной Европе, Северной Америке и на северо-востоке России вплоть до Японии [1]. На Мурманском побережье занимает супралиторальную область и подвергается затоплению морской водой во время сизигийных приливов и во время штормов. Гонкения является важным видом для прибрежных экосистем, поскольку укрывает почву от ветра. Благодаря своим скоплениям влияет на скорость ветра, увеличивает шероховатость поверхности, что приводит к росту пограничного слоя с подветренной стороны, тем самым уменьшая оттоки, увеличивая отложение наносов [2]. *H. peploides* содержит высокое количество витаминов А, В1 и С. Молодые побеги употребляют в пищу как в сыром, так и в вареном виде, они обладают кисловатым вкусом и нежным ароматом [3].

Цель работы заключается в исследовании суточных перестроек антиоксидантной системы *H. peploides.*

Отбор проб проводили в июле 2022 г. в течение суток каждые 2 часа в Зеленецкой губе Баренцева моря. Собирали листья по всей длине стебля и фиксировали в жидком азоте. Регистрировали погодные условия, освещенность, соленость, температуру. В лабораторных условиях спектрофотометрическим методом определяли уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность ферментов: (супероксиддисмутаза) СОД, каталаза, пероксидаза. А также содержание аскорбиновой кислоты (методом капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ 105М») и полифенолов (с использование реагента Фолина-Чокальтеу). Для полученных данных были рассчитаны средние арифметические значения и их стандартные отклонения. Для обработки и анализа данных пользовались программным обеспечением Microsoft Excel 2010.

В результате исследования выявлено, что в прилив в листьях *H. peploides* происходит снижение как ферментных антиоксидантов (СОД, каталаза, пероксидаза), так и неферментных (полифенолы, аскорбиновая кислота). В момент прилива показатель ПОЛ снижается. В дневное время преобладает каталазная активность, в ночное – пероксидазная.

Наблюдаемый суточный ритм антиоксидантов способствует поддержанию гомеостаза АФК.

Список литературы

1. Anamthawat-Jónsson K., Pace A., Árnason S. H. Sea sandwort from Surtsey: chromosomal evidence of active evolution via wide-hybridization // Surtsey Research. 2020. Vol. 14. P. 99–114. https://doi.org/10.33112/surtsey.14.9

2. Łabuz T. A. Polish coastal dunes: Affecting factors and morphology // Landform Analysis. 2013. Vol. 22. P. 33–59. http://dx.doi.org/10.12657/landfana.022.004

3. Kulpa D., Wrobel M., Bednarek M. Type of Explant Affects In Vitro Development and Multiplication Success of the Rare Halophyte Plant Honckenya Peploides L. Ehrh // Plants. 2020. Vol. 9, no. 11. Art. no. 1526 (12p.). https://doi.org/10.3390/plants9111526

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРБУСА СМИТА *PUNTIOPLITES PROCTOZYSTRON* (BLEEKER, 1865) ИЗ ДЕЛЬТЫ МЕКОНГА

Иськив А. В., Шавриев Д. Г.

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

Ключевые слова: барбус Смита, Вьетнам, Меконг, морфология, морфометрия.

Исследование внутрипопуляционной структуры рыб может многое сказать о перспективах успешного выживания видов в условиях антропогенного воздействия и климатических изменений. Образование хорошо структурированных локальных популяций рыб является следствием более полного освоения видами гетерогенной среды обитания и пищевых ресурсов, формирование большого числа морфотипов, обусловленное дизруптивным отбором, способствует успешной конкурентной борьбе и выживанию в неблагоприятных ситуациях. Особенно важны такие исследования для тех видов, которые испытывают в числе факторов антропогенного воздействия значительную промысловую нагрузку, какой отличается одна из крупнейших рек мира – Меконг. Отличительной чертой рыболовства в бассейне реки Меконг является разнообразие объектов промысла, их местообитаний и применяемых орудий лова. Благодаря этому такое рыболовство трудно описать с точки зрения экономических показателей, и обычно оно недооценивается. По приблизительным оценкам прошлых лет, объем промысла составляет около двух миллионов тонн в год с годовой стоимостью 11 миллиардов долларов США. Годовой вылов рыбы эквивалентен 17% годового мирового улова внутреннего рыболовства в размере 12 миллионов тонн и 2,4% мирового улова морской рыбы в размере примерно 84 миллионов тонн. Поскольку промысел использует большую часть доступного биоразнообразия гидробионтов, угрозы рыболовству и биоразнообразию во многом неразделимы. Воздействие сектора рыболовства на биоразнообразие включает использование разрушительных неселективных орудий лова, эксплуатацию уязвимых этапов жизненного цикла и промысловую деятельность в уязвимых районах.

Карповые рыбы (Cyprinidae) весьма многочисленны в дельте Меконга и относятся к объектам массового промысла. Многие виды рыболовства во внутренних водоемах осуществляются без использования оценки запасов, в том числе это относится к карповым рыбам. Одним из таких видов является барбус

Смита *Puntioplites proctozystron* (Bleeker, 1865), распространенный в бассейнах рек Меклонг, Чаопхрайя и Меконг, а также в водотоках Малайского полуострова.

Таким образом, целью работы является исследование морфологических характеристик барбуса Смита *P. proctozystron* как базы для дальнейших популяционных исследований вида и оценка некоторых особенностей его жизненного цикла.

Морфометрические исследования проводили для выборки рыб, собранных в дельте Меконга во Вьетнаме в 2018 г. в общем количестве 76 экземпляров. Рыб после поимки фиксировали в 6% растворе формальдегида. Промеры велись по стандартной для карповых рыб схеме (Правдин, 1966) и включали 19 признаков на теле рыбы и 9 признаков – на голове. Для выявления морфологических различий в популяции использовали методы многомерного статистического анализа [1, 2].

Барбусы Смита в дельте Меконга отличались достаточно высокой встречаемостью и были отмечены в 27,5% уловов донных тралов.

Вид относится к эврибионтным, хорошо переносящим достаточно широкие вариации среды обитания, в том числе обитает в хорогалинной зоне и при дефицитном содержании кислорода. Такие приспособления характерны для обитателей лотических водоемов, однако этот вид довольно многочислен в главных руслах рек дельты Меконга, на сильном течении.

В основном рыбы придерживались пресноводной части дельты, а именно рек Тиен и Хау, где их обилие было достоверно выше, чем в устьевых рукавах эстуария. Наличие сезонных вариаций численности и биомассы барбуса Смита статистически не подтверждено, хотя наблюдается значительная перегруппировка скоплений рыб. Таким образом, вероятно рыбы совершают перемещения в пределах участков бассейна рек без значительных миграций.

Морфологические характеристики рыб отличались довольно высокой стабильностью, коэффициент вариаций для всех имел весьма низкое значение, изменчивость признаков не превышала 10%. При этом наиболее изменчивы были признаки, характеризующие размеры плавников, высоту тела и некоторые пропорции головы рыб.

Однако при анализе пластических признаков особей барбуса Смита в пространстве главных компонент помимо двух областей со значительным перекрыванием, которые принадлежали половозрелым самцам и самкам, имелась отдельно отстоящая область, образованная ювенальными особями. Общая длина их при этом достигала 105–115 мм.

Таким образом, можно предположить, что по мере созревания у рыб происходит изменение образа жизни и условий обитания, которые приводят к значительным изменениям пропорций тела.

Для ряда видов карповых рыб характерно образование морфотипов, связанных с особенностями питания или воздействием экологических факторов [2, 3, 4]. Однако для барбуса Смита они не были обнаружены. Очевидно, у этого вида задействованы иные приспособительные механизмы.

Поскольку морфологическая изменчивость обеспечивает связь функциональных характеристик таксонов с окружающей их средой и имеет значение для понимания атрибутов экосистемы, моделей формирования сообщества и их сохранения, исследование ее для видов, подвергающихся высокой антропогенной нагрузке, имеет большое значение. На основании данных по морфологической изменчивости барбуса Смита, относящегося к промысловым видам нижнего Меконга, можно сделать вывод, что в связи с уязвимостью рыб при переходе к другим местообитаниям при созревании и достижении общей длины 105–115 мм, а также исходя из оценок запасов, темпов роста и продолжительности жизни барбуса Смита минимальные размеры при вылове следует ограничить до 180 мм.

Работа выполнена в рамках госзадания темы № 121030100028-0 ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана».

Список литературы

1. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

2. Ayyub H., Budiharj A., Sugiyarto S. Morphological characteristics of silver barb fish population Barbonymus gonionotus (Bleeker, 1849) from different water locations in Central Java Province // Indonesian Journal of Ichthyology. 2019. Vol. 19, iss. 1. P. 65–78. https://doi.org/10.32491/jii.v19i1.378

3. Kenthao A., Jearranaiprepame P. Morphometric Variations and Fishery Unit Assessment of Cyclocheilichthys apogon (Actinopterigii: Cyprinidae) from Three-Different Rivers in North-Eastern Thailand // Pakistan Journal of Zoology. 2018. Vol. 50, iss. 1. P. 111–122. https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.1.111.122

4. Suryaningsih S., Bhagawati D., Sukmaningrum S., Sugiharto A. G. I., Puspitasari A. R., The Morphometrical Character of Silver Barb Fish Barbonymus gonionotus (Bleeker, 1849) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 593 P. 012027 (6 p.). https://doi.org/10.1088/1755-1315/593/1/012027

ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КЛОНОВ ТИХОПЕЛАГИЧЕСКОЙ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ *HASLEA KARADAGENSIS* И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ОТНОШЕНИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЭТОГО РОДА

Кириенко Е. С., Давидович Н. А.

Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИНБЮМ, пгт. Курортное

Ключевые слова: род Haslea, мареннин, вариабельность клонов, аквакультура, классическая селекция.

Диатомовая водоросль *Haslea karadagensis* Davidovich, Gastineau & Mouget, 2012 является эндемиком Черного моря и обитает в основном в прибрежных районах. Обычно она прикрепляется к субстрату (водорослям, камням, грунту), но встречается также в толще воды, и поэтому ее можно отнести к тихопелагическим видам. Для *H. karadagensis* характерен типичный для диатомовых жизненный цикл, в котором клетки в процессе вегетативного деления уменьшаются в размерах. Достигнув критического видохарактерного размера, называемого кардинальным пунктом [1], они переходят в генеративную фазу жизненного цикла.

Некоторые представители рода *Haslea* способны синтезировать мареннин и мареннин-подобные пигменты голубого цвета [2]. Этот пигмент представляет научный и практический интерес не только благодаря антиоксидантной и антибактериальной активности, но и ввиду его способности окрашивать ткани и жабры устриц в синевато-зеленый цвет [3]. Окрашенное этими пигментами мясо устриц отличается лучшими вкусовыми качествами и способно заинтересовать потенциального потребителя не только экзотичным видом, но и особыми органолептическими свойствами. Мареннин не участвует в фотосинтезе и выполняет роль фотопротектора. Учитывая антибактериальные свойства, этот пигмент может быть применен в косметологии и медицине. Очевидно, что использование мареннин-синтезирующих представителей рода *Haslea* является перспективным в области аквакультуры при выращивании устриц.

Вид *Haslea karadagensis* также обладает способностью к производству мареннин-подобного пигмента, существующего в двух формах (внутриклеточного и внеклеточного) слегка отличающихся своими свойствами [3]. При содержании культур *H. karadagensis* в одинаковых условиях выращивания при равной плотности посева нами была отмечена вариабельность клонов по интенсивности окрашивания среды внеклеточным мареннин-подобным пигментом. Учитывая полученные данные, мы можем предположить, что, помимо влияния внешних факторов на синтез мареннин-подобного пигмента, существует различная способность каждого клона к его продуцированию. В работе приведены спектрофотометрические характеристики пигмента у разных клонов, показано изменение его концентрации во времени, а также различия интенсивности окрашивания среды, в которой содержались разные штаммы.

Клоновая вариабельность интенсивности синтеза мареннин-подобного пигмента наталкивает на мысль о возможности проведения классической селекции представителей рода *Haslea* по этому признаку. Благодаря своим репродуктивным особенностям, таким как раздельнополость и гетероталлический путь воспроизведения [4], виды из рода *Haslea* потенциально могут выступать объектами для селекционных работ.

Работа выполнена в рамках госзадания Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедник РАН – филиала ФИЦ ИнБЮМ, тема № 121032300019-0 «Изучение фундаментальных физических, физиологических и биохимических, репродуктивных, популяционных поведенческих характеристик морских гидробионтов».

Список литературы

1. Geitler L. Der Formwechsel der pennaten Diatomeen (Kieselalgen) // Archiv für Protistenkunde. 1932. Vol 78, no. 1. P. 1–226.
2. Gastineau R., Davidovich N., Hansen G. Haslea ostrearia-like Diatoms: Biodiversity out of the Blue // Sea Plants. Exeter, UK : Academic Press, 2014. P. 441–465. (Advances in Botanical Research / Ed. N. Bourgougnon ; *v*ol. 71).
3. Gastineau R., Turcotte F., Pouvreau J–B. Marennine, promising blue pigments from a widespread *Haslea* diatom species complex // Marine Drugs. 2014. Vol. 12, iss. 6. P. 3161–3189. https://doi.org/10.3390/md12063161
4. Davidovich N. A., Mouget J-L., Gaudin P. Heterothallism in the pennate diatom *Haslea ostrearia* (Bacillariophyta) // European Journal of Phycology. 2009. Vol. 44, iss. 2. P. 251–261. https://doi.org/10.1080/09670260802710301

УРОВЕНЬ ПЕРОКСИДАЦИИ ЛИПИДОВ СПЕРМЫ АФРИКАНСКОГО СОМА В ПРИСУТСТВИИ $FeCl_2$ И ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ ХАЛКОНА

Колумбет А. Д.[1], Осипова В. П.[2], Половинкина М. А.[2],
Зайцев В. Ф.[1], Великородов А. В.[3]

[1]Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань
[2]Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН,
г. Ростов-на-Дону
[3]Астраханский государственный университет, г. Астрахань

Ключевые слова: гонады, африканский сом, пероксидное окисление липидов, гидроксипроизводные халкона, промотирующий агент.

Загрязнение водной среды соединениями тяжелых металлов до сих пор остается актуальной экологической проблемой, требующей принятия срочных мер [1]. Гидробионты накапливают в органах и тканях тела различные ксенобиотики и могут выступать в качестве биоиндикаторов загрязнения водной среды, так как в результате токсического влияния поллютантов наблюдается развитие окислительного стресса [2]. Несмотря на то, что гонады хозяйственно-ценных видов рыб ежегодно обновляются, они принимают наиболее активное участие в аккумулировании и метаболизме тяжелых металлов [3]. Купировать развитие окислительного стресса можно применением эндогенных антиоксидантов с хелатирующим действием.

В работе исследовано влияние новых гидроксипроизводных халкона (E)-3-(3-(2,4-дигидроксифенил)акрилоил)кумарина (1) и (E)-метил-(4-(3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)акрилоил)фенил)карбамата (2) в сравнении известным водорастворимым аналогом витамина Е – тролоксом (3) на процесс пероксидного окисления липидов (ПОЛ) гонад африканского сома (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) в условиях автокисления и при промотировании процесса хлоридом железа (II) *in vitro*. С целью выявления пролонгированности действия и возможной инверсии свойств соединений использована система длительно протекающего процесса ПОЛ, когда скорость пероксидации липидов возрастает со временем, а концентрация антиоксидантов уменьшается. Уровень ПОЛ определен спектрофотометрически по накоплению вторичных карбонильных продуктов, образующих окрашенный комплекс с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-АП). Для оценки анти-/прооксидантного действия соединений рассчитана эффективность антиоксидантного действия (ЭАД, %), где положительное значение свидетельствует об антиоксидантном действии, отрицательное – прооксидантном.

В процессе ПОЛ гонад сома на всех этапах (1–48 ч) все соединения, кроме 1, оказывают ингибирующее действие, снижая образование ТБК-АП. Для соединения 1 наблюдается закономерное снижение ЭАД с 18 (1 ч) до 2% (24 ч) с последующей инверсией свойств в прооксидантные (6% промотирования). Наибольшее значение ЭАД на начальном этапе отмечено для соединения 2, на среднем и конечном этапе ПОЛ антиоксидантное действие сравнимо с эталонным соединением – тролоксом. ЭАД для обоих соединений со временем возрастает с 42 – 46 до 54 – 57% ингибирования, что указывает на пролонгированность их антиоксидантного действия. Для промотирующего агента $FeCl_2$ характерно закономерное возрастание уровня накопления ТБК-АП, прооксидантное действие увеличивается со временем с 11 до 1132% через 24 часа и немного снижается спустя 48 часов до 803% промотирования.

Совместное добавление исследуемых соединений и хлорида железа (II) приводит к снижению промотирования процесса только в присутствии соединения 2, показавшего в условиях автоокисления наибольшую ЭАД. Для данного соединения, как и для производного 1, ранее была установлена способность связывать ионы железа (II), железохелатирующая активность составила 50 и 39%, соответственно [4]. Тролокс и производное 1, несмотря на установленную возможность связывать ионы железа, не способны в модельной системе ПОЛ гонад сома ингибировать развитие окислительного стресса, вызванного сильнейшим прооксидантом $FeCl_2$.

Таким, образом, установлена пролонгированная ингибирующая активность (E)-метил-(4-(3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)акрилоил)фенил) карбамата как в условиях автоокисления липидов спермы африканского сома, так и при промотировании процесса ионами железа (II), превышающая действие реперного вещества тролокса. Антиоксидантное действие производного, предположительно, объясняется наличием пространственно затрудненного фенольного фрагмента, ответственного за проявление антирадикальной активности, а также хелатирующей способностью в отношении ионов железа (II). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения свойств (E)-метил-(4-(3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)акрилоил)фенил) карбамата в качестве потенциального антиоксиданта и хелатора тяжелых металлов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-16-00095.

Список литературы

1. Niu Y., Jiang X., Wang K., Xia J., Jiao W., Niu Y., Yu H. Meta analysis of heavy metal pollution and sources in surface sediments of Lake Taihu, China // Science Total Environment. 2020. Vol. 700. P. 134509. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134509
2. Ullah S., Li Z., Hassan S., Ahmad Sh., Guo X., Wanghe K., Nabi Gh. Heavy metals bioaccumulation and subsequent multiple biomarkers based appraisal of toxicity in the critically endangered Tor putitora // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2021. Vol. 228. P. 113032. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113032
3. Лобанова Т. А. Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб // Вестник Комстромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. 2008. № 1. С. 18–21.
4. Половинкина М. А., Осипова В. П., Фирсова А. В., Великородов А. В., Берберова Н. Т. Фертильность нативной спермы африканского сома в присутствии потенциальных криопротекторов антиоксидантного типа – гидроксипроизводных халкона // Молекулярные и биологические аспекты химии, фармацевтики и фармакологии : сборник тезисов докладов VIII Междисциплинарной конференции, г. Санкт-Петербург, 24-27 апреля 2023 г. Москва : Перо, 2023. С. 103.

ТКАНЕВАЯ СПЕЦИФИКА АДЕНИЛАТНОЙ СИСТЕМЫ И ЭНЕРГЕНТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ПРИ УМЕРЕННОЙ ГИПОКСИИ У СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819)

Кохан А. С., Солдатов А. А., Головина И. В., Богданович Ю. В.,
Шалагина Н. Е., Рычкова В. Н.

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

Ключевые слова: умеренная гипоксия, аденилатная система, сукцинатдегидрогеназа, ферменты гликолиза, гликолитические метаболиты, Mytilus galloprovincialis.

В настоящей работе было изучено влияние умеренной гипоксии на активность ряда маркерных ферментов энергетического обмена, содержание метаболитов и состояние аденилатного комплекса в жабрах и гепатопанкреасе средиземноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). Представители рода *Mytilus* широко распространены по побережью Мирового океана и считаются одной из самых массовых групп двустворчатых моллюсков. Они являются общепризнанным объектом биоиндикации качества морских акваторий. Поэтому результаты данного эксперимента будут иметь не только теоретическое, но и практическое значение.

Исследование проводили на взрослых особях средиземноморской мидии, собранных с коллекторных установок «Дон-Комп» (Стрелецкая бухта, г. Севастополя) в июне (период минимальной нерестовой активности) 2022 года. Контрольную группу мидий (n = 12) содержали при 22±1 °С, концентрации кислорода в воде 6,8–6,9 мг $O_2 \cdot л^{-1}$ и солености 17-18 ‰. Опытную (n = 12): при 22±1 °С, 17-18 ‰

и 1,9–2,0 мг O_2 $л^{-1}$. Экспозиция составляла 72 часа. Активность альдолазы (4.1.2.13) определяли по методу Товарницкого-Валуйской, при длине волны 540 нм. Активность малатдегидрогеназы (МДГ, 1.1.1.37) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ, 1.1.1.27) измеряли при длине волны 340 нм по скорости окисления НАД-H_2, используя в качестве среды выделения 0,2 М Трис-HCl буфер, pH 7,5 [1]. Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ, 1.3.99,1) определяли при длине волны 420 нм по скорости восстановления феррицианида калия [2]. Содержание белка в пробах контролировали микробиуретовым методом [3]. В качестве стандарта использовали кристаллический сывороточный альбумин (Sigma-Aldrich A8806). Концентрацию глюкозы, лактат и пирувата определяли с помощью лабораторных наборов: «ГЛЮКОЗА-4-ОЛЬВЕКС», «МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА-ОЛЬВЕКС», «ПИРУВАТ UV-АБРИС+». Все измерения выполняли на двухлучевом спектрофотометре «SPECS SSP-715». Содержание адениловых нуклеотидов в тканях мидии регистрировали хемилюминесцентным методом [4].

При воздействии умеренной гипоксии у средиземноморской мидии развивался комплекс реакций, направленный на поддержание энергетического статуса тканей. Был отмечен явный спад анаэробных процессов, о чем свидетельствовало снижение активности СДГ в жабрах и гепатопанкреасе на 20 % ($p \leq 0.05$). Одновременно усиливались процессы анаэробного гликолиза. Повышалась активность альдолазы (в жабрах на 17 % и в гепатопанкреасе на 32 % при $p \leq 0.05$) и МДГ (в жабрах на 38 % ($p \leq 0.05$), для гепатопанкреаса значения не были статистически значимыми). Более выраженные изменения были зарегистрированы для пирувата. Уровень данного метаболита в жабрах и гепатопанкреасе увеличился более чем в 2 раза ($p \leq 0.05$). Дефицит кислорода сопровождался существенным повышением уровня глюкозы в жабрах (на 55 % при $p \leq 0.01$), однако не вызывал значимых изменений в гепатопанкреасе. Также не было отмечено роста активности ЛДГ и повышения содержания лактата. При этом энергетический статус в тканях мидии оставался на прежнем уровне. Не было обнаружено существенных изменений в содержании фракции АТФ, что указывало на адаптивную направленность реорганизации тканевого метаболизма. Отмечена способность гепатопанкреаса аккумулировать фракции АДФ и АМФ из систем циркуляции в условиях кислородного голодания.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ «Определение причин спонтанного роста концентрации метгемоглобина в крови морских рыб на протяжении годового цикла» (номер проекта 23-24-00061).

Список литературы

1. Kolesnikova E. E., Golovina I. V. Oxidoreductase Activities in Oxyphilic Tissues of the Black Sea Ruff Scorpaena porcus under Short-term Hydrogen Sulfide Loading // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. 2020. Vol. 56. P. 459–470. https://doi.org/10.1134/S0022093020050099
2. Rezyapkin V. I., Slyshenkov V. S., Zavodnik I. B., Burd V. N., Sushko L. I., Romanchuk E. I., Karaedova L. M. Laboratory workshop on biochemistry and biophysics. Grodno : GrSU, 2009. 175 p .
3. Itzhaki R. F., Gill D. M. A micro-biuret method for estimating proteins. // Analytical Biochemistry. 1964. T. 9, iss. 4. P. 401–410. https://doi.org/10.1016/0003-2697(64)90200-3
4. Holm-Hansen O., Booth C. R. The measurement of adenosine triphosphate in the Ocean and its ecological significance. // Limnology and Oceanography. 1966. Vol. 11, iss. 4. P. 510–519. https://doi.org/10.4319/lo.1966.11.4.0510

СПОСОБНОСТЬ К ИММУННОМУ ОТВЕТУ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ, ЗАРАЖЕННОЙ СВЕРЛЯЩЕЙ ГУБКОЙ

Лавриченко Д. С., Подольская М. С., Челебиева Э. С., Кладченко Е. С.

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

Ключевые слова: гемоциты, клеточный состав гемолимфы, активные формы кислорода, фагоцитарная активность, сверлящая губка, тихоокеанская устрица.

Тихоокеанская устрица *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) – один из наиболее распространенных промысловых видов моллюсков. *M. gigas* заменила многие локальные виды устриц на побережье Тихоокеанского и Атлантического бассейнов, благодаря своей устойчивости к вирусам [1]. Однако в последнее время участились случаи поражения моллюсков сверлящей губкой *Pione vastifica* (Hancock, 1849).

Сверлящие губки наносят серьезный урон по марикультурным хозяйствам, поскольку пораженные устрицы становятся более хрупкими и теряют товарный вид. *P. vastifica* является возбудителем биоэрозии; при контакте с моллюском она создает множественные визуально заметные отверстия и туннели на поверхности раковины [2]. Ранее были зарегистрированы случаи, что губка просверливала раковину полностью, а на жабрах находилась патогенная микрофлора [3]. Это является потенциальной угрозой для потребителя, поскольку устрицы принимаются в пищу сырыми, не проходя термическую обработку. Целью данной работы являлось изучение потенциального влияния сверлящей губки на маркеры иммунной системы (клеточный состав гемолимфы, способность к спонтанной продукции АФК и фагоцитарная активность) устриц.

В работе было исследовано 110 особей *M. gigas*: 26 здоровых и 84 зараженных *P. vastifica*. Здоровыми считались устрицы без визуально заметных следов бурения губкой. Гемолимфа отбиралась по стандартным протоколам [4]. Оценку функциональных параметров проводили на проточном цитометре MACSQuant (Miltenyi Biotec, Германия). Для анализа клеточного цикла и клеточного состава гемоцитов использовался ДНК-краситель SYBR Green I (SGI). При помощи красителя 2-7-дихлорфлуоресцеин-диацетат (DCF-DA) исследовалась способность гемоцитов к спонтанной продукции активных форм кислорода (АФК). Полученные данные анализировались с помощью программного обеспечения MACS Quantify Software 2.13. Для оценки фагоцитарной активности использовали флуоресцентные латексные частицы зимозана Phagocytosis Assay Kit (Green Zymosan) (США). Анализ проводился на флуоресцентном оптическом микроскопе Olympus CX43.

Клеточный состав здоровых и инфицированных моллюсков значительно различался ($p \leq 0{,}01$). Преобладающим типом клеток в гемолимфе здоровых устриц являлись гиалиноциты, составив 40,8 ± 2,7 %, в то время как у зараженных особей - агранулоциты насчитывали 54,7 ± 4,3 %. У зараженных моллюсков также отмечается меньшее содержание гранулоцитов, чем у здоровых – 15,8 ± 2,8 %. Данная тенденция может быть обусловлена индукцией процесса миграции у зараженных сверлящей губкой устриц клеток гемолимфы к инфицированным участкам. Раковина у двустворчатых моллюсков является барьерной защитой, поэтому при ее повреждении может увеличиваться количество патогенной микрофлоры, что приводит к воспалительным процессам в организме моллюска.

Продукция активных форм кислорода (АФК) в клетках устриц также значительно различалась у зараженных и здоровых особей. Наибольшее отличие наблюдалось в случае гранулоцитов, где уровень продукции АФК у инфицированных особей было выше более чем в 2 раза по сравнению со здоровыми устрицами ($p \leq 0{,}01$). Такое повышение параметра может быть связано с функциональной ролью каждого типа клеток, а также свидетельствовать об активации иммунного ответа. Последнее также подтверждается результатами оценки фагоцитарной активности.

Фагоцитоз является основной защитной реакцией против чужеродных частиц, которая может быть ингибирована инфекционным агентом или являться ответом на проникновение паразитов. Агранулоциты как здоровых, так и зараженных устриц не проявляли фагоцитарную активность. Достоверный рост фагоцитарной активности был зарегистрирован в гранулоцитах и гиалиноцитах устриц, зараженных губкой ($p \leq 0{,}01$).

Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало, что заражение *P. vastifica* сопровождается активацией иммунного ответа (продукция АФК, фагоцитарная активность). Мы также предполагаем, что изменение клеточного состава гемолимфы связано с инфильтрацией гемоцитов.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ № 23-26-00019 «Сверлящая губка Черного моря: влияние на иммунную систему устриц и оценка эффективности метода гипоосмотического шока для борьбы с ее распространением на марикультурной ферме».

Список литературы

1. Petton B., Destoumieux-Garzón D., Pernet F., Toulza E., De Lorgeril J., Degremont L., Mitta G. The Pacific oyster mortality syndrome, a polymicrobial and multifactorial disease: state of knowledge and future directions // Frontiers in Immunology. 2021. Vol. 12. P. 630343. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.630343
2. Mao Che L., Le Campion-Alsumard T., Boury-Esnault N., Payri C., Golubic S., Bézac C. Biodegradation of shells of the black pearl oyster, Pinctada margaritifera var. cumingii, by microborers and sponges of French Polynesia // Marine Biology. 1996. Vol. 126. P. 509–519. https://doi.org/10.1007/BF00354633
3. Watts J. C., Carroll J. M., Munroe D. M., Finelli C. M. Examination of the potential relationship between boring sponges and pea crabs and their effects on eastern oyster condition // Diseases of Aquatic Organisms. 2018. Vol. 130, no. 1. P. 25–36. https://doi.org/10.3354/dao03257
4. Andreyeva A. Y., Gostyukhina O. L., Kladchenko E. S., Vodiasova E. A., Chelebieva E. S. Acute hypoxic exposure: effect on hemocyte functional parameters and antioxidant potential in gills of the pacific oyster, Crassostrea gigas // Marine Environmental Research. 2021. Vol. 169. P. 105389. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105389

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС У ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *MAGALLANA GIGAS*, ВЫЗВАННЫЙ ПОРАЖЕНИЕМ СВЕРЛЯЩЕЙ ГУБКОЙ *PIONE VASTIFICA*

Подольская М. С., Лавриченко Д. С., Гостюхина О. Л., Челебиева Э. С., Кладченко Е. С.

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

Ключевые слова: устрица, гемолимфа, гемоциты, окислительный стресс, АФК, антиоксиданты.

Тихоокеанская устрица *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) является одним из самых культивируемых видов моллюсков в мире [1]. Однако ее культивирование в последнее десятилетие часто сопровождается вспышками массовых заболеваний. Для черноморского региона отмечается проблема массового поражения тихоокеанских устриц сверлящими губками *Pione vastifica* (Hancock, 1849) [2]. Они проникают в раковину устриц, перфорируя ее насквозь. Одним из основных механизмов защиты моллюска от различных патогенов является продукция активных форм кислорода (АФК) клетками гемолимфы. Однако избыток АФК может привести к окислительному стрессу в организме, который сопровождается повреждением клеточных структур и гибелью клеток. Основными элементами защиты от развития окислительного стресса являются ферменты антиоксидантной защиты, такие как супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ) и глутатионпероксидаза (ГП). Данное исследование направлено на изучение влияния сверлящей губки *P. vastifica* на функциональное состояние тихоокеанской устрицы *M. gigas*, а именно на продукцию АФК клетками гемолимфы, на повреждение ДНК в гемоцитах и также антиоксидантный статус мантии у зараженных устриц.

Тихоокеанские устрицы *M. gigas* (возрастом 5 лет, в количестве 70 штук, массой 77,7±8,2 г, длиной раковины 11,4±2,6 см) были собраны в прибрежной акватории Севастопольской бухты. Моллюски были доставлены в лабораторию и разделены на две группы – контрольную, включающая устриц, идентифицированных как здоровых, т.е. без видимого поражения раковины (n=10 штук) и опытную, включающую устриц, идентифицированных как «зараженные», с видимым поражением раковины (наличие красных вкраплений, перфорация раковины) (n=60).

Образцы гемолимфы отбирали стерильным шприцом из сердечного синуса, затем трижды отмывали в стерильной морской воде путем центрифугирования (5 мин, 500 g, при 5 °С). Оценка внутриклеточного уровня АФК а также анализ активности антиоксидантных ферментов проводились по стандартным протоколам [3]. Оценка повреждения ДНК в клетках гемолимфы проводилась с использованием метода ДНК-комет [4].

Различия между группами анализировали в программном обеспечении RStudio версия 4.1.0. Достоверность различий анализировали при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни.

Содержание АФК в клетках гемолимфы опытной группы было достоверно больше (в 1,6 раз), чем в гемоцитах устриц, идентифицированных как «здоровые» ($p < 0,05$). Такой рост продукции АФК может свидетельствовать об окислительном стрессе при воздействии патогена на организм моллюска. Также при анализе ДНК-комет было выявлено повреждение ДНК клеток гемолимфы зараженных моллюсков (повреждение ДНК было в 6 раз больше ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой).

Оценка воздействия сверлящей губки на мантию тихоокеанской устрицы как на барьерную ткань не выявила достоверных изменений в содержании ферментов СОД и КАТ среди групп, однако повлияло на содержание ГП в тканях мантии (в 1,4 раза меньше, чем у «здоровых» устриц). Это может быть связано с тем, что фермент ГП является более чувствительным к факторам окружающей среды и его ресурс быстро истощается при заражении сверлящей губкой [3].

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что заражение тихоокеанских устриц сверлящей губкой приводит к окислительному стрессу, о чем говорит повышенная продукция свободных радикалов, снижение активности фермента ГП и повреждение ДНК в клетках гемолимфы.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ № 23-26-00019 «Сверлящая губка Черного моря: влияние на иммунную систему устриц и оценка эффективности

метода гипоосмотического шока для борьбы с ее распространением на марикультурной ферме».

Список литературы

1. Zhai S., Yang B., Zhang F., Li Q., Liu S. Estimation of genetic parameters for resistance to Vibrio alginolyticus infection in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) // Aquaculture. 2021. Vol. 538. P. 736545. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736545

2. Лебедовская М. В. Морфометрические и микробиологические показатели гигантской устрицы *Crassostrea gigas* при поражении сверлящей губкой Pione vastifica // Морской экологический журнал. 2013. Т. 12, № 1. С. 48–51.

3. Andreyeva A. Y., Gostyukhina O. L., Kladchenko E. S., Vodiasova E. A., Chelebieva E. S. Acute hypoxic exposure: effect on hemocyte functional parameters and antioxidant potential in gills of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* // Marine Environmental Research. 2021. Vol. 169. P. 105389. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105389

4. Møller P., Azqueta A., Boutet-Robinet E., Koppen G., Bonassi S., Milić M., Langie S. A. Minimum Information for Reporting on the Comet Assay (MIRCA): recommendations for describing comet assay procedures and results // Nature Protocols. 2020. Vol. 15, iss. 12. P. 3817–3826. https://doi.org/10.1038/s41596-020-0398-1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНОГО СТОКА С МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Стрижников О. А.

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, г. Москва

Ключевые слова: дренажный сток, микроводоросли, качество воды.

Мелиорация земель является объективной необходимостью в деле преобразования природных комплексов, превращения болот и заболоченных земель в высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья, социального и экономического преобразования страны. Как важнейшее звено интенсификации сельскохозяйственного производства мелиорация призвана внести ощутимый вклад в решение Продовольственной программы.

Водный кодекс Российской Федерации запрещает сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты, следовательно, функционирование осушительно-увлажнительных систем, не оборудованных очистными сооружениями и устройствами, оказывается вне правового поля. Применение водоочистных сооружений и устройств, их конструктивное исполнение следует назначать с учетом типа, параметров и режима работы мелиоративной системы, технологии сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях, а также особенностей формирования стока и условий его отведения или использования, принятой схемы очистки в соответствии с качественной и количественной характеристиками дренажного стока [2].

Функционирование дренажных систем имеет негативное влияние на качество дренажных вод, которые в свою очередь являются "отходами" гидромелиоративной системы. При взаимодействии с окружающей средой, дренажные воды существенно загрязняют ее, приводя к ухудшению экологической обстановки в зоне действия оросительных и осушительных систем. Состав дренажно-сбросных вод разнообразен и зависит от гидрохимического режима региона и сельскохозяйственных деятельностей. В таких водах присутствуют ионы солей, пестициды, фенолы, ионы и соединения тяжелых металлов, биогенные элементы и другие загрязнители, которые могут вызывать нарушения в водных экосистемах, вызываю эвтрофикацию. Минерализация и химический состав дренажных вод соответствуют закономерностям галогеохимических процессов, а загрязнители включают пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор и соли тяжелых металлов [1].

Сложный состав загрязнений требует комплексной многоступенчатой технологии очистки дренажного стока, а сложность утилизации использованных отработавших материалов ставит условие применения в таких технологиях природных материалов, легко разлагаемых и ассимилируемых природной средой.

Микроводоросли играют важную роль в поглощении загрязняющих веществ (в т.ч. и биогенных) в естественных водных системах. Различные органические соединения, которые образуются в этих естественных системах в результате фотосинтеза водорослей, входят в состав трофической цепи водной среды, становясь пищей для разнообразных микробов и других гетеротрофных организмов. Кроме того, восстановленный стабилизированный углерод зачастую сохраняется непосредственно в форме детрита, образуя торфяные отложения на заболоченных участках, в прудах и озерах [4].

Микроводоросли существуют в природных водных системах в различных формах и концентрациях, однако именно массовое культивирование (или концентрированное выращивание и контроль) микроводорослей делает их пригодными к использованию для очистки.

Культивирование микроводорослей в сточных водах может внести существенный вклад в процесс регулирования водных экосистем, предлагая недорогую и экологически приемлемую технологию, дополняющую (в случае относительно сильного загрязнения) или заменяющую (если степень загрязнения относительно невелика) традиционные энергоемкие водоочистные системы [3].

Список литературы

1. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сбросных вод / под ред. Л. В. Кирейчевой. Москва : Россельхозакадемии, 1999. 89 с.
2. Манжина С. А., Дрововозова Т. И. Проблемы регулирования экологическим законодательством Российской Федерации функционирования мелиоративных систем с дренажным стоком // BENEFICIUM. 2023. Т. 1, вып. 46. С. 36–41.
3. Макарова Е. И., Отурина И. П., Сидякин А. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей - обитателей водных экосистем // Экосистемы. 2009. Т. 1, вып. 20. С. 120–133.
4. Соловченко А. Е., Лукьянов А. А., Васильева С. Г., Саванина Я. В., Соловченко О. В., Лобакова Е. С. Возможности биотехнологической переработки сельскохозяйственных отходов с использованием микроводорослей // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2013. Т. 4. С. 38–48.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА RAPANA THOMASIANA В АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ У БЕРЕГОВ АБХАЗИИ (СУХУМСКАЯ БУХТА, СТАНЦИЯ СМЕСИТЕЛЬ)

Цыбулевская М. В.[1 2], Тужба А. Д. [2]

[1] Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум
[2] Абхазский государственный университет, г. Сухум

Ключевые слова: Rapana thomasiana Crosse, популяционные характеристики, Абхазия, Маяк, станция Смеситель.

Rapana thomasiana, обнаруженная в Чёрном море в 40-х годах прошлого века, в настоящее время является самым известным представителем не только фауны моллюсков, но и, пожалуй, всей фауны моря. Появилась дальневосточная гостья в Чёрном море благодаря развитию морского судоходства и, заняв свободную экологическую нишу, вселившаяся рапана массово распространилась по всей акватории Черного моря. Это вызвало существенные изменения в биоценозе ракушника Черного моря – одни доминирующие виды заменились другими. *Rapana thomasiana* и по сей день продолжает демонстрировать уникальные адаптивные возможности. Все это дает ценную информацию для популяционной биологии и экологии брюхоногих моллюсков.

В настоящее время большинство авторов относят дальневосточную рапану к виду *Rapana venosa* Valenciennes, 1846. Но в большинстве работ отечественных авторов и, в частности, в Красной книге РФ [1] используется название рапана Томаса (*Rapana thomasiana* Crosse, 1861). В соответствии с Кодексом зоологической номенклатуры более точным является название *Rapana venosa* Valenciennes, 1846, сделанное на 15 лет раньше. В данной работе мы продолжаем пользоваться традиционным для нашей литературы названием и пониманием данного вида трактовке Чухчина В. Д. [2].

Рапана является важнейшим звеном экосистемы моря. Учитывая это положение, особенно интересен вопрос изучения этого вида, чтобы иметь представление о современном состоянии и перспективах развития популяции моллюска в акватории Черного моря у берегов Абхазии. Изучение *Rapana thomasiana* представляет значительный интерес для фундаментальных биологических исследований, а также для природоохранных и практических целей (ценный морепродукт).

Материалом для исследования послужили живые особи рапаны, собранные с помощью акваланга в ноябре 2022 г. для исследования в акватории Сухумской бухты (на обрастаниях станции «Смеситель», район Маяк). Количество особей в выборке составило 150 моллюсков. Сборы производились на стационарных площадках путем тотальных выборок для биологического анализа (определение возраста, размерно-массовых характеристик и пола).

На основе проведенных исследований состояния популяции были получены следующие результаты:

1. 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.

2. Анализ возрастной структуры популяции Rapana thomasiana показал, что в представленное выборке на исследуемом участке возраст особей впервые, за достаточно продолжительное время, превышает 4 года [3, 4]. Самые взрослые из моллюсков данной выборки – особи 6 лет! Самой многочисленной группой в выборках на станции Смеситель Сухумской бухты на обоих участках были особи трех лет – 33,3 %.

3. Средняя длина особей по данным исследования равна 50,87 мм, что уже выше, чем в выборках более ранних лет (в среднем до 30-35 мм).

4. Исследование половой структуры популяции Rapana thomasiana показало, что половой состав данной популяции представлен следующим образом: из 150 особей препарированных для установления пола – 32 были представлены самками и 118 – самцами, т.е. соотношение полов составляет 1:3,7 (с явным доминированием самцов в популяции). В последние годы половая структура рапаны характеризуется неравным соотношением полов с преобладанием самцов в каждой из размерно-возрастных групп, тогда как на начальном этапе освоения рапаной акватории Черного моря соотношение полов равнялось 1:1 [2].

5. В каждой размерно-возрастной группе популяции доминировали самцы. Моллюски самой многочисленной возрастной группы – трех лет, составили: 35 % самцы и 15% самки, причем в исследуемой выборке среди особей старших возрастных групп – пяти и шести лет, самки отсутствовали.

6. Крупный и агрессивный хищник рапана в новых местах появления воспринимается как нежелательный вселенец, способный серьёзно ухудшить экологическую ситуацию.

В целом, результаты исследования указывают на необходимость дальнейшего мониторинга состояния популяции *Rapana thomasiana*. Возможно, учитывая поражающие «достижения» в расселении и адаптации, потребуется разработка мер по регулированию численности этого вида, чтобы предотвратить его чрезмерное размножение и негативное влияние на другие виды морской фауны, а также необходимо выработать по отношению к ней устойчивое восприятие как потенциально опасного для экосистемы Чёрного моря вселенца.

Список литературы

1. Красная книга России. Москва, 2002.
2. Чухчин В. Д. Экология морских моллюсков Черного моря. Киев : Наукова думка, 1984. 176 с.
3. Дбар Р. С., Цыбулевская М. В. Особенности биологии и состояние популяции рапаны *Rapana thomasiana* Crosse (Mollusca, Gastroda) в Черном море у берегов Абхазии // Современные основы формирования сырьевых ресурсов Азово-черноморского бассейна в условиях изменения климата и антропогенного воздействия : материалы международной научной конференции, 15–18 декабря 2008 г., Ростов-на-Дону. Ростов-на-Дону : ООО «Диапазон», 2008. С. 89–94.
4. Цыбулевская М. В. *Rapana thomasiana* Crosse (Mollusca, Gastropoda) в Черном море у берегов Абхазии: особенности и динамика популяции // Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами : сборник материалов V научно-практической молодежной конференции, 8–11 октября 2018 г. Севастополь : Филиал МГУ в г. Севастополе, 2018. С. 142–145.

БИОФИЗИКА И ХИМИЯ МОРЯ

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ BE-7 В ЧЕРНОМ МОРЕ

Кременчуцкий Д. А., Батраков Г. Ф.

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь

Ключевые слова: бериллий-7, Черное море, взвешенное вещество, временная изменчивость.

Бериллий-7 (Be-7) является космогенным радионуклидом, поступающим в морскую среду из атмосферы. Этот радионуклид представляет большой интерес в роли трассера процессов, определяющих сезонную изменчивость вертикального транспорта веществ в деятельном слое вод Мирового океана. Цель настоящей работы заключается в получении количественных характеристик сезонной изменчивости содержания Be-7 в водах Черного моря по данным натурных наблюдений.

Данные, используемые в работе, были получены в ходе рейсов НИС «Профессор Водяницкий». Концентрирование Be-7 проводилось с использование полипропиленовых картриджей с размером пор 1 мкм и акрилового волокна, модифицированного гидроксидом железа (III), из проб морской воды объемом 2 куб. м. В лаборатории картриджи и волокно озолялись в муфельной печи. Измерения активности Be-7 в золе проводилось на гамма-спектрометре со сцинтилляционным детектором NaI (Tl) колодезного типа (кристалл диаметром и высотой по 100 мм, колодец диаметром 30 мм и высотой 60 мм). Разрешение кристалла по пику цезия-137 – 7%. Детектор располагался в низкофоновой защите, состоящей из слоев свинца, чугуна, кадмия, меди и пластика.

По результатам исследования установлено, что концентрация Be-7 в верхнем квазиоднородном слое (ВКС) в зимний период примерно в два раза ниже, чем в летний, что связано с сезонной изменчивостью в термохалинной структуре вод. Так, в зимний период на ряде станций глубина залегания нижней границы ВКС находится в интервале 60–90 м, а в летний – 5–25 м., что способствует накоплению радионуклида в верхних слоях в летний период несмотря на пониженные величины его потока из атмосферы. В целом же, во все сезоны отмечается тенденция к росту концентрации Be-7 в 2–3 раза по мере отдаления от берега. Содержания Be-7 на взвеси в прибрежной зоне может достигать ~50 % и уменьшаться до 3–7 % в глубоководной части. В вертикальном распределении относительного содержания Be-7 на взвеси отмечается рост в 2–5 раз с глубиной.

Отбор проб морской воды был выполнен в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ FNNN-2021-0004). Определение содержания беррилия-7 в пробах и анализ полученных данных проведен в рамках гранта, выданного Российским научным фондом (№ 22-77-10056).

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХОЛОДНЫХ СИПОВ БУХТЫ ЛАСПИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

Лысенко В. И.[1], Шик Н. В[2], Александров Е. Г.[1], Петренко А. Е.[1]

[1]Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в Севастополе, г. Севастополь

[2]ГБОУ ДО «Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий учащейся молодежи», г. Севастополь

Ключевые слова: метан, азот, гелий, флюиды, дегазация, изотопный состав, пляжные бактериальные постройки.

В прибрежной зоне Крыма известно 15 площадок с пузырьковыми выходами газов, у которых пузырьки доходят до поверхности [1]. Из них пузырьки газа поступают сразу в атмосферу и слабо изменяют газовый состав гидросферы. Исследование этих процессов актуальны для познания влияния глубинной дегазации на формирование парникового эффекта и биолого-геологических процессов вокруг них. Наиболее интересными объектами в прибрежной зоне являются выходы газа в бухте Ласпи.

Участок сипов с выходами пузырьков газа бухты Ласпи находится в пределах ядра Ласпинской антиклинали, которое сложено алевролитами и аргиллитами таврической серии. Он находится в зоне пересечения Берегового и Ласпинского разломов. Струйные пузырьковые выходы газа находятся на трех скальных грядах, которые являются пляжными бактериальными постройками. Они расположены на расстоянии от 10 до 60 метров от уреза воды на глубинах от 1,5 до 3 м.

Осенью в 2022 г. авторы собрали 5 проб газовых флюидов из сипов на исследование состава, а также выполнили гидрохимическую съемку прибрежной части бухты Ласпи. В пляжных бактериальных постройках изучали изотопный состав аутигенного цемента и вмещающей фауны. Определение состава флюидов было выполнено на стационарных газовых хроматографах «Хроматэк-Кристалл 5000». Определения изотопного состава углерода и кислорода были проведены в лабораториях ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН г. Миасс и КФУ ИГиНТ г. Казани. Исследование анализов осуществляли на приборе Deltaplus Advantage.

По данным опробования составы флюидов характеризовались непостоянством в течение нескольких часов. В пробах преобладал метан. Его концентрации изменялись от 55,7 до 60,4 %. Также во флюидах присутствовали этилен, пропан, этан, пропилен, бутан и пентан, но их общая концентрация не превышала 1,5 %.

Кроме этого во флюидах присутствовал азот (9,62–23,61 %), кислород (4,76–8,96 %), углекислый газ (0,23–0,34 %), гелий (0,43–1,19 %) и сероводород.

Содержания газов во флюиде контролируются соотношением их молекулярных весов. Чем он выше, тем ниже содержания этого газа в растворе. Выделили два ряда таких соотношений. Первый ряд представили в следующем виде CH_4:N_2:O_2 :H_2S:CO_2. Второй ряд включал инертные газы и тяжелые углероды. В соотношениях четко прослеживалось, чем тяжелее молекулярный вес углеводородов, тем меньше его содержание во флюидах.

Следует отметить, что флюиды бухты Ласпи по разнообразию газов имели отличие от подобных холодных сипов Черного моря. По данным опробования факелов сипов Днепровского каньона, в состав их флюидов входили следующие газы: метан (94,9–исследователи отмечали, что пробы, отобранные на большей глубине, характеризовались более высокими содержаниями метана [2]. Значительные содержания метана в пробах, отобранных на больших глубинах, предположительно, были связаны с методикой пробоотбора. Обычно для взятия проб использовали устройство объемом около литра или больше. Сам отбор газа занимал значительный временной интервал. За этот период времени в емкости происходило разделение смеси газа по весу, а часть его растворялось в воде. Если материал для анализа брали из верхней части емкости, в нее попадал в основном метан. Подобные результаты были у авторов при взятии первых проб большими емкостями в 2013 г. Отбор газа занимал от 38 до 40 минут, а содержания метана в анализах изменялось от 81,9 до 91,9 %. Наблюдалась зависимость: чем больше время опробования, тем выше концентрации метана.

По данным гидрохимической съемки дна бухты Ласпи было установлено, что средняя соленость морской воды изменялась в интервале от 18,5 до 18,8 $^{0}/_{00}$, что характерно для прибрежной части Черного моря. Совсем другие результаты показали пробы воды, взятые из устьев сипов. В них соленость изменялась от 9,5 до 16,7 $^{0}/_{00}$. Хаотическое распределение в них содержаний, возможно, связано с импульсным поступлением глубинных растворов. Объемы их выбросов незначительны, что делало их обнаружение затруднительным. Это доказывали данные состава проб, которые были взяты на расстоянии 0,5 и 1,0 м от центра выходов газа из сипа. У них соленость была в интервале от 18,6 до 18,8 $^{0}/_{00}$.

Результаты исследований подтвердили наше первичное предположение, что флюидные потоки в бухте Ласпи имеют глубинную природу образования. В них содержатся метан, этан, пропан, этилен, пропилен, бутан, пентан, азот, кислород, углекислый газ, гелий, сероводород и водные растворы.

Бухта Ласпи является природным ландшафтным памятником побережья Южного берега Крыма и уникальными объектами в ней являются гряды пляжных бактериальных построек. В отложениях рядом с ними выявлены сероокисляющие эпсилон-протеобактерии семейства *Thiovulaceae, Desulfobacteraceae*, консорциумом *ANME-2 архей*, осуществляющие анаэробное окисление метана, а также аэробные метанотрофы *Methylococcales, Methylobacter, Methylomonas и Methylicorpusculum.* Последние встречаются в осадках пресных водоемов [2]. Существование одновременно аэробных, анаэробных и пресноводных условий для них возможно только во внутренней части постройки или у выходов флюидов.

Данные анализов изотопного состава углерода кальцита цемента (20,93–20,83 ‰) свидетельствовали, что для его образования сообщества прокариот и архей использовали метан из флюидов сипов. Карбонат построек Ласпи характеризуется более тяжелым изотопным составом углерода, чем аутигенные карбонаты строений Черного моря. Это связано с метаном разного генезиса, который использовался для переработки. В тоже время изотопная разница между соображением карбоната и метана составила 12,4 и 14,3 ‰, что соотносимо результатам такого расчета по Черному морю [1].

Значения δ18O в составе карбонатного материала цемента построек – от 2,20 до 2,08 ‰ (VPDB). Наши данные сильно отличаются от изотопного состава воды в прибрежной зоне и сульфатов морской воды [2]. Можно предположить, что для создания построек сообщества архей и бактерий используют кислород гидротермальных растворов флюидов сипов. Результаты наших исследований подтвердили, что создание пляжных бактериальных построек бухты Ласпи связано с деятельностью сообществ бактерий и архей по переработке глубинных флюидов.

Список литературы

1. Тихонова Е. Н., Тарновецкий И. Ю., Малахова Т. В., Гулин, М. Б., Меркель, А. Ю., Пименов, Н. В. Идентификация аэробных метанокисляющих бактерий в

прибрежных осадках Крымского полуострова // Микробиология. 2020. Т. 89, № 6. С. 737–747. https://doi.org/10.31857/S002636562006018X

2. Леин А. Ю. Аутигенное карбонатообразование в океане // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 1. С. 3–35.

ИСТОЧНИК КРЕМНЕЗЕМА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КРЕМНИСТЫХ СЛАНЦЕВ ИНИКАНСКОЙ СВИТЫ (РАННИЙ-СРЕДНИЙ КЕМБРИЙ, СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

Меренкова С. И.[1, 2], Калмыков Г. А.[2], Габдуллин Р. Р.[2], Карпова Е. В.[2], Пузик А. Ю.[3]

[1]Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН, Москва
[2]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва
[3]Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

Ключевые слова: силициты, кремнезем, кембрий, геохимия, Сибирская платформа.

Иниканская свита нижнего и среднего кембрия (ботомский–амгинский ярус), которая развита на юго-востоке Сибирской платформы, входит в куонамскую высокоуглеродистую формацию (ВУФ). Разрез иниканcткой свиты представлен тонкослоистым чередованием пород кероген-глинисто-кремнисто-карбонатного состава с разным содержанием компонент. В разрезе иниканской свиты присутствуют протяженные прослои черных кремней – лидитов, генезис которых (в частности, источник кремнезема и способ его осаждения) до конца не выяснен. Представления о природе формирования пластовых кремней (особенно ВУФ) различаются в зависимости от источника кремнезема (образование мощных прослоев, выдержанных по простиранию кремнистых пород, требует большого притока кремнезема) и механизма образования непосредственно самих пород. Известно три основных источника кремнезема в морских бассейнах: 1) морская вода (из которой путем биогенной аккумуляции выстраиваются кремнистые панцири и скелетные элементы организмов); 2) растворы, образующиеся при выветривании на водосборной суше в семи-аридном климате; 3) кремнезем, поставляемый гидротермально-вулканическими системами. Выделяют, соответственно, следующие механизмы образования силицитов: 1) диагенетическое замещение и сегрегация адсорбированного кремнезема (например, из глинистых минералов и оксидов железа); 2) первичное накопление и диагенетическая трансформация биогенных кремнистых илов; 3) прямое химическое осаждение из морской воды; 4) гидротермальная активность. С целью установления источника кремнезема и механизма формирования кремневых пород иниканской свиты были проведены исследования силицитов (лидитов) из береговых обнажений р. Юдома.

По результатам микроскопического изучения образцов выделены литологические типы, отличающиеся составом, структурой, а также наличием органогенных остатков или их реликтов: 1) силицит (опал-кристобалитовый состав, местами микрокристаллический кристобалит-халцедоновый, слабоглинистый, с редкими спикулами губок и реликтами раковин радиолярий); 2) спикулит (кварц-халцедоновый, неслоистый, с фосфатными микроконкрециями и единичными раковинами брахиопод и радиолярий, вторично известковистый); 3) известняк замещения (тонкокристаллический, с реликтами первичной кероген-кремневой породы, с единичными спикулами губок); 4) известково-глинисто-кремневая порода (основная масса породы имеет колломорфную структуру, часто преобладающую в микролинзочках – это аморфные и слабоокристаллизованные кремневые и фосфатные минералы, между которыми определяется пелитовая структура, выраженная мельчайшими чешуйчатыми и хлопьевидными агрегатами глинистых минералов, которые чередуются с бесцветными микролинзочками и микрослойками с микрокристаллической структурой халцедона-кварца). Таким образом, в отдельных литотипах очевиден биогенный источник кремнезема, а также его раннедиагенетическое перераспределение. Изученные карбонатные литотипы образованы в результате постседиментационной кальцитизации кремнистого и известково-кремнистого вещества как основной массы, так и кремневой фауны.

Образование мощных (толщина отдельных слоев до 20 см) и достаточно выдержанных по простиранию лидитов иниканской свиты требует большого притока кремнезема (в том числе, для осаждения вышеуказанными губками и радиоляриями), что может быть следствием гидротермального привноса. Ge и Si принадлежат к одной группе и имеют схожие химические свойства. Фракционирование Ge/Si происходит в ходе низкотемпературного выветривания или гидротермальных процессов. При выветривании континентальных пород выносимый реками материал имеет более низкое отношение Ge/Si (0,4–1 мкмоль·моль$^{-1}$), чем в верхней континентальной коре (1,8 мкмоль·моль$^{-1}$), гидротермальные флюиды же имеют гораздо более высокие отношения Ge/Si – до 11 мкмоль·моль$^{-1}$ [1, 2]. Для использования отношения Ge/Si для древних отложений, где растворился и вторично сконцентрировался биогенный кремнезем (с возможной миграцией между участками растворения и местами переосаждения), необходимо отсутствие фракционирования Si и Ge в ходе диагенеза. В данной работе было показано, что никакого фракционирования между губками и кремнями одной и той же формации, возникшими в результате диагенетической перекристаллизации кремнезема, не наблюдалось, а величину Ge/Si можно использовать для идентификации биогенных признаков в кремнях, где происхождение кремнезема вызывает вопросы [3].

Для изученных нами лидитов иниканской свиты были характерны величины Ge/Si (мкмоль·моль$^{-1}$) близким к таковым в морской воде – от 0,36 до 1,64, что свидетельствовало об отсутствии активности гидротермальных систем вблизи рассматриваемой точки и прямого влияния на образование данных пород. Самое высокое значение этого отношения (1,64 мкмоль·моль$^{-1}$) было характерно для спикулита.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания FMWE-2021-0006. Аналитические исследования выполнены при финансовой поддержке Пермского научно-образовательного центра «Рациональное недропользование».

Список литературы

1. Froelich P. N., Hambrick G. A., Andreae M. O., Mortlock R. A., Edmond J. M. The geochemistry of inorganic germanium in natural waters // Journal of Geophysical Research: Oceans. 1985. Vol. 90. P. 1133–1141. https://doi.org/10.1029/JC090iC01p01133
2. Mortlock R. A., Froelich P. N. Continental weathering of germanium: GeSi in the global river discharge // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1987. Vol. 51, iss. 8. P. 2075–2082. https://doi.org/10.1016/0016-7037(87)90257-2
3. Tribovillard N. The Ge/Si ratio as a tool to recognize biogenic silica in chert // Comptes Rendus Geoscience. 2013. Vol. 345. P. 160–165. https://doi.org/10.1016/j.crte.2013.02.005

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ "ВОДА – ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ" В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Чужикова-Проскурнина О. Д., Проскурнин В. Ю., Терещенко Н. Н.

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

Ключевые слова: тяжёлые металлы и металлоиды, вода, взвешенное вещество, донные отложения, Азово-Черноморский регион.

Тяжёлые металлы (ТМ) являются одним из основных параметров контроля качества природных вод [1]. Источниками их поступления в водную среду служат как природные процессы, так и антропогенное воздействие, особенно проявляющееся в прибрежных районах [2]. После поступления в водоём вещества вовлекаются в гидрологические и биогеохимические процессы. Депонирование поллютантов в донных отложениях в результате их седиментации в составе биогенных или литогенных взвесей является одним из процессов самоочищения природных вод. Однако может наблюдаться и обратный процесс – ремобилизация загрязнителей из донных отложений и более глубоких слоёв литосферы в результате естественных процессов и человеческой деятельности [3]. Учитывая эти факты, целесообразно проводить исследование не только растворённых форм поллютантов в воде, но и их содержание на взвешенном веществе и в донных отложениях, как единой системы.

Цель исследования – оценка роли взвешенного вещества и донных отложений в распределении тяжёлых металлов в абиотических компонентах морских экосистемах прибрежных районов Азово-Черноморского региона.

Пробы поверхностной и придонной воды, общего взвешенного вещества, а также донные отложения отбирались в прибрежных акваториях российского сектора Азово-Черноморского региона в 113 и 116 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» (2020–2021 г.). Тяжёлые металлы и металлоиды (Be, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Tl, Pb) выделяли из проб донных отложений и взвешенного вещества методом кислотной минерализации и выщелачивания азотной кислотой (ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011), а из проб воды – двухступенчатым экстракционным концентрированием определяемых элементов четыреххлористым углеродом в виде диэтилдитиокарбаматов с последующей реэкстракцией их в водный азотнокислый раствор (РД 52.10.243-92). Измерения проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в ЦКП «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ (ГОСТ Р 56219-2014).

Для оценки распределения тяжёлых металлов и металлоидов в системе "вода – взвешенное вещество – донные отложения" были рассчитаны коэффициенты распределения этих элементов между компонентами «вода – взвешенное вещество» и «вода – донные отложения», а также было определено соотношение растворённой и взвешенной формы загрязнителей в воде.

Коэффициенты распределения (Кр) ТМ между донными отложениями и водой определены в диапазоне $n \cdot 10^7 – n \cdot 10^1$ и убывали в ряду: Fe>Co>Pb>V>Cd>As>Cu>Ni>Mo>Zn>Tl. В среднем Кр были достаточно высокими ($n \cdot 10^4 – n \cdot 10^5$), что свидетельствует о важном значении донных отложений в процессах перераспределения элементов в экосистеме и вероятном депонировании большинства ТМ в них.

Коэффициенты распределения ТМ между взвешенным веществом и водой, как в поверхностном, так и в придонном слоях воды, определены в диапазоне n·10^8-n·10^3, и в среднем составляли n·10^5-n·10^6, что в целом выше, чем у донных отложений. При этом ряды убывания коэффициентов распределения в поверхностном и придонном слоях имели значительные различия, что может быть связано с различным составом и свойствами взвешенного вещества на разных водных горизонтах.

При сравнении концентраций ТМ в сухом веществе донных отложений и взвеси было отмечено, что для большинства элементов характерны более высокие концентрации на взвешенном веществе, чем в донных отложениях. Это указываем на то, что взвешенное вещество в настоящий момент является источником поступления ТМ в донные отложения. Исключение составляют ванадий, таллий и бериллий. Более высокие концентрации ТМ на взвешенном веществе в придонном слое воды, вероятно, объясняется разным составом взвешенного вещества (в частности соотношением живого и косного вещества).

Распределение исследуемых элементов между растворённой в воде формой и на взвешенном веществе отличалось на различных станциях и горизонтах исследования для одних и тех же элементов. При этом были отмечены следующие закономерности. В поверхностной воде железо, молибден, кадмий и таллий находились преимущественно в растворённой форме, а медь, серебро, мышьяк, сурьма и селен – во взвешенной. В придонной воде растворённые формы преобладали у железа, молибдена, селена и таллия, а во взвешенной форме были медь, свинец, кобальт и сурьма. Такие различия могут говорить, как о протекающих обменных процессах между водой и взвешенным веществом (сорбция и десорбция), так и о различии состава взвешенного вещества на разных водных горизонтах.

В качестве заключения отметим, что в изучаемых акваториях донные отложения и взвешенное вещество имеют высокие коэффициенты распределения (средние значения n·10^4-n·10^6), что свидетельствует об их ведущем значении в процессах перераспределения элементов в морских экосистемах и депонировании большинства ТМ в них.

Исследование выполнено в рамках темы госзадания ФИЦ ИнБЮМ № 121031500515-8 «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем».

Список литературы

1. Качество морских вод по гидрохимическим показателям : ежегодник 2017 / под ред. А. Н. Коршенко. Москва : Наука, 2018. 220 с.
2. Емельянов В. А., Митропольский А. Ю., Наседкин Е. И. Геоэкология черноморского шельфа Украины. Киев : Академпериодика, 2004. 296 с.
3. Егоров В. Н. Теория радиоизотопного и химического гомеостаза морских экосистем / ФИЦ «Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН». Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2019. 356 с. https://doi.org/10.21072/978-5-6042938-5-0

МОРСКАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ВОДОКАНАЛА ГОРОДА КИРИШИ

Игнатьева М. А., Строганова М. С.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: моделирование биохимического окисления, органические вещества, трехкомпонентная модель, самоочищающая способность водного объекта, микроорганизмы, метод подбора данных.

В работе рассмотрен процесс биохимического окисления органических соединений под действием микроорганизмов, при сбросе сточных вод предприятием ГУП «Леноблводоканал» города Кириши в реки Волхов и Велия. Проводились лабораторные исследования качества воды в течение года поквартально в контрольных створах всех водовыпусков водоканала по параметрам биохимического окисления – БПК_5, $\text{БПК}_{\text{полн}}$, растворенный кислород, общее число микроорганизмов. На основе полученных данных проведен расчет коэффициента учета микроорганизмов, отражающий самоочищающую способность исследуемого водного объекта, с применением трехкомпонентной модели биохимического окисления органических веществ. Уточнены условия применимости трехкомпонентной модели для конкретных рассматриваемых условий.

Методы математического моделирования успешно используются для контроля и прогнозирования качества воды в водных объектах. Однако, существующие методы математического моделирования процессов биохимического окисления учитывают только гидрохимические параметры окисления органического вещества и не включают в себя микробиологическую составляющую процесса окисления веществ. Разработанная Строгановой М.С. трехкомпонентная модель точнее описывает процессы биохимического окисления органического вещества и позволяет рассчитать коэффициент учета деятельности микроорганизмов, что отличает данную модель от моно- и бимолекулярной моделей [1].

Уравнение биохимического окисления органических соединений общего вида с учетом концентрации микроорганизмов (1):

$$=f(k, C_{\text{БПК}}, C_{\text{O2}}, C_{\text{B}}, T \qquad (1)$$

где k – константа биохимического окисления органических соединений; $C_{\text{БПК}}$ – концентрация органических загрязнений по БПК, мг·дм$^{-3}$, C_{O2} – концентрация растворенного кислорода мг·дм$^{-3}$, C_{B} – концентрация микроорганизмов, T – температура исследуемой среды в конкретный момент.

Исходными данными модели являются концентрация органического вещества, растворенного кислорода, концентрации микроорганизмов, предельное значение концентрации растворенного кислорода, коэффициенты биохимического окисления (k_1), реаэрации (k_2), которые зависят от температуры, глубины и скорости течения воды в водном объекте. Коэффициент биохимического окисления k_1 рассчитан по методу Базякиной Н. С., коэффициент реаэрации получен по уравнению О’Коннера-Доббинса.

В ходе экспериментальных исследований, в условиях аккредитованной лаборатории, определены показатели $БПК_5$, $БПК_{полн}$, растворенный кислород и общее число микроорганизмов.

Определение значений БПК и растворенного кислорода проведено согласно сертифицированной и актуальной методике [2]. Число микроорганизмов определялось в соответствии с методическими указаниями, в основе которых лежит метод Коха [3]. Результат выражают в числе колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл исследуемой воды (2):

$$\text{М} = \frac{\text{a} \times 10^n}{v}, \tag{2}$$

где М – количество клеток в 1 см^3; а – среднее число колоний, выросших после посева из данного объема; V – объем воды в см^3, засеянной на чашки Петри; 10n – коэффициент разведения.

После расчета количества клеток, зная размер и плотность клетки, рассчитывалась концентрация микроорганизмов, необходимая при расчете трехкомпонентной модели [2].

С помощью трехкомпонентной модели биохимического окисления, используя программное обеспечение *MathCad15,* рассчитали коэффициент γ, учитывающий количество микроорганизмов в процессе окисления органических веществ при сбросе сточных вод из выпусков № 1 и № 3 Водоканала города Кириши в реку Велия и реку Волхов. Согласно проведенным расчетам и построенной зависимости между величиной органического вещества, растворенного кислорода и количеством микроорганизмов, получены как отрицательные значения коэффициента самоочищения γ, так и положительные значения коэффициента, что дало возможность уточнить условия применимости трехкомпонентной модели.

В случае высоких значений концентрации микроорганизмов и $БПК_{полн}$, коэффициент имеет отрицательное значение, что противоречит его физическому смыслу. Так для водовыпуска № 3, где значение концентрации микроорганизмов составило 1,542 мг·дм$^{-3}$, а значение $БПК_{полн}$ – 42,83 мг·дм$^{-3}$, коэффициент самоочищения имеет отрицательное значение и равен -0,129 сут$^{-1}$ для летне-осеннего периода, концентрация растворенного кислорода равна 7,75 мг·дм$^{-3}$.

Также было рассчитано значение коэффициента учета микроорганизмов для выпуска № 3 в осенне-зимний период, составившее 1,194 сут$^{-1}$, что также противоречит физическому смыслу коэффициента, значение которого не может быть более единицы. При этом значении концентрация микроорганизмов составляет 1,015 мг·дм$^{-3}$, $БПК_{полн}$ – 7,59 мг·дм$^{-3}$; растворенного кислорода – 7,41 мг·дм$^{-3}$. В этих двух случаях модель не может быть применима из-за высоких концентраций $БПК_{полн}$ и микроорганизмов.

В сравнении с этим, получено значение коэффициента учета микроорганизмов для выпуска № 1, который составил 1,522 × 10^{-3} сут$^{-1}$, при этом концентрации $БПК_{полн}$ – 2,09 мг·дм$^{-3}$, растворенного кислорода – 9,96 мг·дм$^{-3}$, а микроорганизмов – 0, 0016 мг·дм$^{-3}$.

Таким образом, на основании множества расчетов γ методом подбора коэффициентов были определены условия применимости трехкомпонентной модели биохимического окисления. По $БПК_{полн}$ модель будет работать до 10 мг·дм$^{-3}$ в данных гидрометеорологических условиях, а для микроорганизмов до 0,1 мг·дм$^{-3}$.

Список литературы

1. Строганова М. С. Моделирование процессов биохимического окисления сточных вод сульфат-целлюлозного производства: автореф. дис. … канд. техн. наук. Санкт Петербург, 2022. 16 с.

2. Руководящий документ РД 52.24.420-2019 Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами : Приказ 48 от 05.02.2020. Москва, 2020.

3. Методические указания по санитарно-микробиологическому и санитарно-паразитологическому анализу воды поверхностных водных объектов. 4.1. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. МУ 4.2.1884-04. Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 54 с. https://docs.cntd.ru/document/1200039680?section=status

4. Мудрецова-Висс, К. А., Дедюхина В. П. Микробиология, санитария и гигиена. 4-е изд., испр, и доп. Москва : ИД ФОРУМ : Инфра-М, 2010. 400 с.

ВЛИЯНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА РОСТ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ *MONOSTROMA GREVILLEI* БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Кудрявцева Е. О.[1], Воскобойников Г. М.[2]

[1]Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург
[2]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск

Ключевые слова: зелёные водоросли, рост, нефтепродукты, биоремедиация.

В настоящее время несомненный интерес вызывает возможность самоочищения прибрежных акваторий от нефтяных загрязнений – т.е., их биоремедиация. Большую роль в этом процессе играют макроводоросли. Показано действие нефтяных углеводородов на рост, размножение и жизненный цикл водорослей [1]. Запатентована и успешно апробирована технология создания «плантации-биофильтра» для профилактической и «финишной» очистки прибрежных акваторий от нефти и нефтепродуктов (НП), в основе которой заложена симбиотическая ассоциация водорослей-макрофитов и углеводородокисляющих бактерий [2]. Преимущественно исследования по влиянию нефти и НП на макроводоросли проводились на представителях бурых водорослей.

Для понимания вклада водорослей в биоремедиацию прибрежных акваторий необходимо более детально исследовать воздействие НП на различные виды, в частности, ульвовые водоросли.

В литературе представлены сведения об изменениях у ульвовых водорослей под влиянием НП жизнеспособности, содержания фотосинтетических пигментов, способности к поглощению нефти и НП [2, 3, 4]. В задачу настоящего исследования входило определение жизнеспособности литоральной зеленой водоросли моностромы, под воздействием летнего дизельного топлива (ДТ), наиболее часто используемого морским транспортом.

Объект данного исследования – вид зеленых водорослей, относящийся к порядку Ulvales, *Monostroma grevillei* (Thuret) Wittrock 1866, широко распространенный на литорали северных морей. Материал был собран в мае месяце на среднем горизонте литорали Кольского залива Баренцева моря в районе п. Абрам-мыс (68°58′30″N, 33°01′00″E). Собранные талломы водорослей, примерно одной длины (5–6 см), вплетали по 10 штук в полипропиленовый канат диаметром 5 мм на расстоянии

1,5 см друг от друга. Всего было подготовлено 8 канатов с общим числом талломов монострому 80 штук. Вплетенные водоросли адаптировали к лабораторным условиям, выдерживая в резервуарах с морской водой при температуре 8 °С и освещении 18–20 вт·м$^{-2}$ в течение 3 суток. Морскую воду для эксперимента, взятую из места обитания водорослей, предварительно фильтровали через ватно-марлевый фильтр и стерилизовали в термостате (3 суток при 60 °С), после чего разливали по 1,5 литровым банкам.

Для эксперимента первую группу канатов – «контроль» (4 субстрата) – с вплетенными водорослями поместили в банки с подготовленной водой. Вторую группу из 4 канатов («опыт») поместили в морскую воду с добавлением 5 мг ДТ на 1 л воды (что превышало ПДК в 50 раз). Вода во всех банках аэрировалась воздухом. В условиях эксперимента сравнивался рост талломов монострому в чистой воде и под воздействием 50 ПДК ДТ. Эксперимент длился 10 суток. Измерение талломов проводилось перед началом эксперимента, через 5 суток и по его завершении.

В емкостях с водой без введенных НП наблюдали стабильный рост водорослей. Все талломы контрольного варианта через 5 суток выросли в среднем на 0,6 см. Через 10 суток в контроле по сравнению с исходным материалом увеличение в длине в среднем было 1,2–1,3 см. Один из экземпляров за период опыта увеличился на 1,7 см в длину. Не было выявлено тенденции к размножению.

В емкости с водой с добавлением ДТ (50 ПДК) наблюдался как незначительный рост водорослей, так и разрушение некоторых талломов. 22 из 80 (более 25%) талломов были полностью разрушены. В целом отмечено снижение темпов роста. В среднем длина таллома увеличилась на 0,2 см.

Представители вида *M. grevillei* выносят небольшую сапробность воды, избегая сильнозагрязненных местообитаний. Видимо, превышение ПДК НП в 50 раз оказалось губительным для этих водорослей. Отмечены 3 таллома, готовящихся к размножению. Сокращение периода созревания спор является следствием физиологической адаптации водорослей к неблагоприятным условиям произрастания [4]. Сохранение способности к росту у некоторых талломов в присутствии ДТ, может быть обусловлено достаточно широким диапазоном толерантности к НП у ряда экземпляров монострому, а также стимулирующим влиянием небольших концентраций НП на ростовые процессы. Учитывая, что в месте обитания и сбора водорослей для эксперимента содержание НП в воде 2–4 ПДК, можно представить, что у водорослей вырабатываются определенный механизм адаптации к невысоким уровням нефтяного загрязнения

Исходя из эксперимента можно сделать следующие выводы:

- в лабораторных условиях за десять суток эксперимента в воде без НП у монострому наблюдался стабильный рост талломов;

- превышение содержания НП (50 ПДК) вызвало остановку роста у большинства талломов, а у ряда из них разрушение. У некоторых талломов отмечалось ускоренное созревание спор.

- учитывая, что в месте обитания, сбора водорослей для эксперимента, фоновое содержание НП в воде 2–4 ПДК, можно представить, что у водорослей вырабатывается определенный механизм адаптации к невысоким уровням нефтяного загрязнения

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 22-17-00243 "Радиационная океанология и геоэкология прибрежного шельфа Баренцева и Белого морей. Биокосные взаимодействия в системе: донные отложения-вода-макроводоросли-микроорганизмы, их роль в ремедиации морской прибрежной экосистемы при радиационном и химическом загрязнении в условиях Арктики".

Список литературы

1. Степаньян О. В., Воскобойников Г. М. Влияние нефти и нефтепродуктов на морфофункциональные особенности морских макроводорослей // Биология моря. 2006. Т. 32, № 4. С. 241–248. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2274.9607

2. Воскобойников Г. М., Ильинский В. В., Лопушанская Е. М. и др. Санитарная водорослевая плантация для очистки прибрежных акваторий от нефтепродуктов: от теории к практике // Вопросы современной альгологии. 2017. № 3 (15). С. 160–186.

3. Миронов О. Г. Взаимодействие организмов с нефтяными углеводородами. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. 127 с.

4. Очеретяна С. О., Клочкова Н. Г., Клочкова Т. А. Сезонный состав «зеленых приливов» в Авачинской губе и влияние антропогенного загрязнения на физиологию и рост некоторых зеленых водорослей // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2015. № 33. С. 30–36. https://doi.org/10.17217/2079-0333-2015-33-30-36

ИЗМЕНЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ СОЛИ МЕДИ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ СУТОК В МОМЕНТ ПОСТАНОВКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Лазарева А. М., Ипатова В. И.

Биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: биотестирование, циркадные ритмы, медь, токсичность, Chlorella vulgaris.

Эффекты многих токсикантов способны изменяться в зависимости от различных внешних факторов, таких как: температура, уровень минерализации, интенсивность освещения и др. [1]. Одним из подобных факторов является время суток в момент добавления токсиканта в культуру. Однако в методиках проведения биотестирования данный фактор не регламентирован [2, 3]. В данной работе исследовали зависимость результата биотеста от времени добавки $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в культуру зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* (Beijer, 1890).

Действие соли меди на культуру *C. vulgaris* в зависимости от времени ее добавки в культуру изучали в присутствии 0,1, 0,2 и 1 мг Cu/л. Дополнительно учитывали факторы влияния температуры и освещения, так как эксперименты были проведены как в люминостате (20°C, освещение 12:12 ч), так и в многокюветном культиваторе КВМ-05 (36°C, освещение 24 ч). Оптимальная температура для роста культуры *C. vulgaris* составляла 36,0 ± 0,5°C.

Каждый из опытов (и в культиваторе, и в люминостате) проводили в двух вариантах, отличающихся лишь временем добавления токсиканта: в 8:00 (момент включения света в люминостате) и в 20:00 (выключение света в люминостате). Численность клеток культуры определяли с помощью фотоэлектрокалориметра ИПС-03 по величине оптической плотности при длине волны 560 нм. Продолжительность опыта в культиваторе – 24 ч, в люминостате – 72 ч.

Показано, что время добавки $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ значительно влияло на темпы роста культуры в люминостате. В нем, при лимитировании по параметру температуры и коротком световом периоде, разница при утренних и вечерних добавках выражена сильнее, чем в культиваторе, в котором *C. vulgaris* находилась в оптимальных условиях.

В люминостате, в условиях стресса, стимуляция до 51 % от контрольных значений отмечена на вторые и третьи сутки при добавлении меди в культуру в утреннее время. При вечерних добавках также наблюдали стимуляцию, однако ее показатель не превышал 35% на первые сутки, и затем снижался на вторые сутки до 3%.

В культиваторе в оптимальных условиях и при постоянном освещении значимых отличий в результатах при разном времени суток на момент добавки $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ не выявлено.

Можно сделать вывод о зависимости изменения численности *C. vulgaris* от времени суток в момент добавления $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ при содержании культуры в люминостате с режимом освещения 12:12 ч.

Работа выполнена в рамках Государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № 121032300131-9) при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Список литературы

1. Holmstrup M., Bindesbol A.M., Oostingh G. J., Duschl A., Scheil V., Kohler H. R. Interactions between effects of environmental chemicals and natural stressors: a review // Science of The Total Environment. 2010. Vol. 408, iss. 18. P. 3746–3762. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.067

2. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей̆. Москва : Акварос, 2007. 47 с.

3. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций̆ вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения / под ред. С. А. Соколовой̆. Москва : ВНИРО, 2011. 165 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА БУРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Павлющик П. Н., Тимофеева Е. А.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва

Ключевые слова: компостирование, валовое содержание тяжелых металлов, загрязнение почв.

Одной из главных проблем современности является утилизация промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. В процессе их очистки накапливается большое количество осадка сточных вод (ОСВ), утилизация и хранение которого представляет большую экономическую и экологическую проблему. Ежегодное количество образующихся ОСВ на очистных сооружениях в России достигает, по разным оценкам, 3-4 млн т. в расчете на сухое вещество. Из-за чрезвычайно богатого состава ОСВ элементами минерального питания растений и высокого содержания органического вещества одним из перспективных направлений является его применение в качестве нетрадиционного органического удобрения. Данное использование ОСВ не только приносит пользу, но и решает проблему утилизации. Подобное решение уже активно применяется в РФ и в зарубежных странах [1–3].

Однако, из-за некоторых своих физических (в первую очередь, высокое содержание влаги), биологических и химических свойств (низкие значения pH, возможное присутствие загрязнителей в составе) ОСВ, в его исходном виде, не может вноситься в почвы. Для получения из осадков органических и органоминеральных удобрений используются различные технологии, включающие обезвоживание, озонирование, известкование и многие другие. Одним из распространенных способов, позволяющим решить сразу несколько проблем, является биотехнологический метод компостирования ОСВ с различными наполнителями (торф, древесные опилки, растительные отходы, пивная дробина и др.) в аэробных условиях при долгой выдержке. Данный метод не только позволяет обезвожить, стабилизировать и обеззаразить ОСВ, но и свести концентрации загрязнителей, присутствующих в осадке, до допустимого к внесению в почвы уровня [4]. Главными документами в РФ, регламентирующими требования к ОСВ и удобрениям/продукции на их основе по различным показателям, являются ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ Р 54651-2011, ГОСТ Р 54534-2011 и ГОСТ Р 59748-2021.

Цель нашей работы – разработка технологии приготовления органического удобрения на основе ОСВ методом компостирования и его внесения в бурые лесные почвы. Исследуемый участок расположен на территории ФГБОУ «МДЦ» Артек» в поселке городского типа Гурзуф, относящегося к городскому округу Ялта Республики Крым. Объектами исследования являются бурые лесные почвы и ОСВ, накапливаемый в процессе работы местных очистных сооружений. В ходе работы были заложены 4 пробные площадки вне пределов водоохраной зоны Черного моря, на которых планируется внесение разрабатываемого компоста в качестве удобрения с целью озеленения территории. Образцы почв были отобраны с двух глубин 0–5 см и 5–20 см, образцы ОСВ были отобраны с двух площадок иловых карт.

По результатам анализа валового содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах, полученных методом кислотного разложения почв с использованием ЦВ с последующим количественным определением методом ИСП-ОЭС, был рассчитан суммарный показатель загрязнения почв Z_c = 6,4 по МУ 2.1.7.730-99 – категория загрязнения почв соответствовала градации «допустимая». При этом, валовое содержание ТМ в ОСВ составило (результат измерения в расчете на сухое вещество): Pb – 14,10 мг·кг$^{-1}$; Cd – 0,87 мг·кг$^{-1}$; Ni – 14,57 мг·кг$^{-1}$; $Cr_{общ}$ – 21,46 мг·кг$^{-1}$; Zn – 479,54 мг·кг$^{-1}$; Cu – 212,53 мг·кг$^{-1}$; As – 4,21 мг·кг$^{-1}$. Среднее значение влажности ОСВ, определённое по ГОСТ 26713-85, составило 79,91±0,72 %, pH KCl (по ГОСТ 27979-88) – 6,68±0,3 ед. pH, содержание органического вещества (по ГОСТ 27980-88) составило 75,55±29,01 %.

В целом, изучаемый ОСВ соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию ТМ (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ Р 54651-2011, ГОСТ Р 54534-2011, ГОСТ Р 59748-2021), и может использоваться в качестве удобрения, используемого под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания и рекультивации нарушенных земель. Однако для осуществления данного проекта требуется дальнейшее лабораторное исследование осадка по другим показателям, детальная разработка технологии компостирования с расчетом доз внесения, согласование с управляющими органами.

Список литературы

1. Аргунов Н. Д., Ватуева О. Б., Веселов В. М., Саломатина Н. А., Пильгун В. А. Некоторые свойства и особенности осадков сточных вод // Агрохимический вестник. 2013. Вып. 4. С. 039–043.
2. Брындина Л. В. Биосорбционная очистка сточных вод предприятий АПК и их использование в агроэкосистемах : автореф. дис. ... д-ра сельскохоз. наук. Воронеж, 2016. 22 с.
3. Малюхин Д. М. Экологические аспекты использования органогенных субстратов при рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург, 2018. 22 с.
4. Лесина М. Л., Игнатова А. Ю. Изучение процессов компостирования при получении биоудобрения из органических отходов // Актуальные вопросы современных научных исследований : материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, г. Минск, 7 февраля 2017 г. / под общей ред. А. И. Вострецова. Минск : «Навуковы свет», 2017. С. 45–49.

ГИДРОХИМИЯ ОЗЁР И ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РФ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Панчукова О. В.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика
И. Г. Петровского», г. Брянск

Ключевые слова: гидрохимический состав, озёра, водные ресурсы, рекреационная устойчивость, Брянская область.

Брянская область занимает первое место по запасам пресных вод в ЦФО: по территории протекает 2867 рек, расположены 49 крупных и более 80 мелких озёр, большая часть из которых зарегистрирована в урбоэкосистемах. Густота речной сети в бассейне р. Десна – 25,4 км на 100 м^2, там же расположены и самые обширные по площади зеркала озёра [1]. По водотокам в староосвоенном регионе имеется значительное количество мониторинговой информации, закладывается научная база долгосрочных наблюдений о химических и биологических характеристиках озёр. Малые водные объекты – озёра – быстро теряют устойчивость, и в них запускаются процессы эвтрофикации [2]. Для создания экомониторинговой базы разработана программа «Городские озёра», которая охватывает не только водные объекты крупной урбоэкосистемы – г. Брянска, – но и малые города Брянской области, богатые прудами и озёрами различного происхождения. На территории Дятьковского района как неблагополучного по сочетанному загрязнению такие водные объекты впервые за двухлетний период исследованы на предмет эколого-химических и биологических показателей. Цель исследования – выявить показатели состояния озёр и прудов в рамках общегосударственной системы экомониторинга на территории сочетанной антропогенной нагрузки.

Эколого-химические и биологические показатели водоёмов исследованы в городской черте административного центра г. Дятьково, п. Дружба. К искусственно созданным объектам относятся пруды: Жировский (часть озера Буяновского), Чижовский, Парковый и Орловский, озеро Совхозское (п. Дружба). Остальные водные объект имеют естественное происхождение. Озеро Круглое (Святое), исток реки Серижа – имеет карстовое происхождение и выполняет в том числе и рекреационную функцию. Пролетарское озеро (Пильнеское озеро) имеет самый большой рекреационный потенциал, Орловский пруд – эстетическая достопримечательность г. Дятьково.

Химический анализ проб воды Дятьковского района проводили в период с 2022 по 2023 гг. [3]. Воды озёр и прудов, находящихся в черте населённых пунктов Дятьковского района, изменяются по сумме ионов от 135 мг·л$^{-1}$ (озеро Пильня) до 314 мг·л$^{-1}$ (Чижовский пруд). Наибольший диапазон изменений суммы ионов отмечен у озёр Дачного, Совхозного, Орловского, а также двух прудов. Наименьшие колебания показателя выявлены для Больничного, Буяновского озёр, озера Пильня. Наименьшее значение pH составляет 6,4–6,6 (озёра Круглое, Пильня, Буяновское, Белая речка), наибольшее – 7,5–8,0 (пруды). Наименьшая кислотность вод зарегистрирована для крупных водоёмов, наибольшая – для малых по площади и эвтрофицирующихся водных объектов. Слабощелочная реакция определена для проб, собранных в осеннее время. Такие условия стимулируют эвтрофирование, делая менее подвижными ионы тяжёлых металлов. Значения pH всех проб в ранне-осенний период меньше, чем в весенний период. Температура вод изученных объектов колебалась от 11 до 17 °C в весенний период, наименьшая весенняя температура зарегистрирована для крупных водных объектов, наибольшая – для мелких по площади. Наивысшая температура (+23 °C) определена для эвтрофицирующихся прудов.

Для ионов хлора низкие концентрации выявлены в образцах вод озёр Белая речка, Пильня (26,29 мг·л$^{-1}$). Наибольшие показатели хлорид-ионов зарегистрированы для осенних проб всех исследованных объектов: 49–52 мг·л$^{-1}$, в основном для прудов, озёр Круглое, Святое. В целом концентрация хлоридных ионов в 10 раз ниже ПДК. Концентрация сульфат-ионов, также, как и хлорид-ионов, не превышала ПДК и была ниже этого норматива в 8–9 раз. В осенних пробах содержание сульфат-ионов выше, чем в весенних. Наибольшее значения определены для озёр Совхозное, Дачное (21–24 мг·л$^{-1}$), двух прудов. Малые значения сульфат-ионов – 10-13 мг·л$^{-1}$ – определены в пробах крупных непроточных озёр: Круглое, Святое, Кучеровское, Буяновское. В 12 водных объектах эта концентрация в 8–9 раз была ниже ПДК по аммонийным ионам, равной 0,5 мг·л$^{-1}$. В прудах имелись показатели, свидетельствующие об источниках азота: весной и осенью определена концентрация в 0,5 мг·л$^{-1}$, что равно ПДК. Значения общей жёсткости свидетельствовали о принадлежности вод к объектам со средней и высокой жёсткостью: 80 % и 20 %, соответственно. Содержание железа общего в водах – диагностический признак, свидетельствующий о процессах оглеения. Для всех проб вод в водоёмах определено превышение ПДК по железу (0,3 мг·л$^{-1}$): наибольшие цифры зарегистрированы для прудов, озёр Совхозное, Дачное, Белая речка, Пролетарское, Парковое, Орловское. Для всех озёр не выявлено очень чистой зоны по содержанию кислорода для показателей нормы в летний период. В весенних пробах O_2 всегда было больше, чем в осенних. Наибольшая концентрация O_2 определена для 40 % водных объектов. Вода в Жировском и Чижовском прудах отнесена к группе «загрязнённые», IV класс. В 35 % водных исследованных объектов класс загрязнения – III, «умеренно загрязнённые». В целом концентрация кислорода в замкнутых водных объектах благоприятная, что делает процессы эвтрофикации маловероятными.

Увеличение потребностей населения в отдыхе определяет специальные исследования в ходе экомониторинга, которые характеризуют рекреационные возможности ландшафтов при водоёмах. Для водоёмов исследуемого района прямыми наблюдениями (экспертный путь) определялись коэффициенты и проводились расчёты. Наибольшие значения индекса E_n получены для озёр Больничное, Круглое, Пролетарское, Совхозное. Эти показатели изменялись от 703,15 до 356,37. Наименьшие E_n выявлены для Жировского пруда, Дачного озера, Орловского озера: от 12,35 до 88,55. Таким образом, рекреационная ёмкость пляжей определяется не только природоохранными критериями, но и косвенными условиями экологической и психологической комфортности.

Список литературы

1. Природные ресурсы и окружающая среда Российской Федерации. Центральный федеральный округ. Брянская область / под ред. Н. Г. Рыбальского. Москва : НИА-Природа, 2007. 1144 с.
2. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков (с изм. На 12.09.2018) : утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19.03.1992 №1115 ; Приказом Минприроды от 16.04.1992 № 60 снято ограничение срока действия. Москва : МинюстРФ, 1992. 10 с.
3. Каширо М. А. Влияние экологического состояния водных объектов на рекреационный потенциал городской территории (на примере г. Томска) // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 333. С. 177–180.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ГОРОДСКИХ ОЗЕР ГОРОДА БРЯНСК

Селедцова Е. А.

ФГБОУ ВО «Брянский Государственный Университет имени Академика
И. Г. Петровского», г. Брянск

Ключевые слова: водные объекты, озера, биоразнообразие, экомониторинг.

Выявление основных направлений антропогенного влияния на состояние экосистем водоемов в пределах городской черты позволяет сочетать интересы разных отраслей хозяйства при использовании городских озер, а также дает возможность обеспечения необходимого качества состояния водных экосистем как для основных задач использования, так и для обеспечения экологической безопасности водного объекта, влияющего на здоровье человека и биоразнообразие природной среды.

Цель работы – исследовать по комплексу гидрохимических и гидробиологических показателей государственного мониторинга и дать оценку состоянию поверхностных вод городских водоемов города Брянск.

За период с 2020 по 2023 гг. проводили ежегодные исследования состояния вод городских озер: Орлик-1, Орлик-2, Орлик-3, Орлик-4, Орлик-5, Орлик-6, Барсучья Грива, ДСК, Мутное, Глинка, Керамзитное, Ковшовское; и водохранилища Белобережское.

Определяли органолептические показатели воды (ОПВ), химические показатели воды (ХПВ), бактериологические показатели воды (БПВ), характер состояния берегов и рекреационную емкость водных объектов. Данные определения проводили согласно гигиеническим нормативам [1, 2]. Полученные данные были использованы для составления локальной индикаторной мониторинговой базы сведений о химическом составе вод.

Устанавливали общее микробное число (ОМЧ). В результате проведенных изысканий выяснено, что наибольшее ОМЧ в 1 мл наблюдалось в воде озера Глинка. Этот показатель соответствовал умеренно загрязненной степени состояния вод.

Вторым по величине ОМЧ в 1 мл исследуемой воды был пруд Орлик-1 с показателями, незначительно отличающимися от вод озера Глинка и входящими в категорию умеренно загрязненной воды. Наименьший показатель ОМЧ вычислен для озера ДСК, вода этого озера отнесена к категории чистых и очень чистых вод. Остальные озера характеризовались значением ОМЧ, находящимся в пределах от 100 до 1000, что соответствовало категории чистых вод.

В целях создания экомониторинговой базы гидробиологических исследований на городских озерах впервые для урбоэкосистемы определены ИПиБ (сапробности) с использованием макрозообентоса, планктона и макрофитной растительности. В результате проведенных гидробиологических изысканий выяснено, что ИПиБ изменялся по сезонам для вод значительной части городских озер: летом показатели индекса были выше, осенью – ниже. В городских озерах Сп позволило отнести воды к α-сапробной, β-сапробной, полисапробной зонам, что характеризовало воды как умеренно загрязненные и загрязненные комплексом органических веществ.

Наибольший ИПиБ рассчитан в летний период для Белобережского озера, который незначительно уменьшился в осенний период. Для Белобережского озера, несмотря на значительную глубину, в воде присутствовало много органики, что характеризовало озеро как полисапробное. Таким образом, в озере наблюдались явления эвтрофирования и, как следствие, уменьшение запаса кислорода при бескислородном окислении органических остатков. Кислород попадал в воды только благодаря поверхностной аэрации, и поступление его было лимитировано перемешиванием водных масс. Об этом говорило и значительное зарастание поверхностной глади озера плавающими – плейстофитными – макрофитными сообществами. По наблюдениям мониторингового характера такие воды содержали ОВ, достаточно нестойкие, но в значительном количестве.

Наименьшее значение ИПиБ вычислено для городских озер: Мутного, Орлик-1, Орлик-5, Глинка, что характеризовало состояние вод как умеренно загрязненные в летний и осенний период. Эти водоемы имели преобладание аэробного окисления ОВ, и содержание кислорода колебалось в зависимости от времени суток, количество нестойких ОВ мало, происходила полная минерализация веществ. Прибрежно-водная зона этих городских озер была лишена значительного зарастания макрофитной и прибрежно-водной растительности.

Остальные озера характеризовались средним содержанием нестойких ОВ, преобладали окислительно-восстановительные процессы с участием кислорода, начиналось анаэробное окисление органики. В осенний период с понижением температуры воздуха и с увеличением содержания окислителей в водах Сп в этих объектах закономерно понижалось, как и изменялся класс качества воды. Однако процессы самоочищения вод летом протекали медленно, преобладали нитратные и нитритные соединения белков. Для значительной части водоёмов в ландшафтах с интенсивным антропогенным воздействием уровень загрязнения вод и содержания ОВ мало изменялся.

Значения ИШ также подтвердили динамику эвтрофированности озер в различные сезоны года. Согласно ИШ воды озер характеризовались как эвтрофные и мезо-эвтрофные. Белобережское озеро имело наименьший ИШ, что в летний период говорило о наименьшем видовом составе озера. Наибольший ИШ был рассчитан для озера Глинка, также для озер Орлик-1, Орлик-4, Мутное.

Характер зарастания, установленный в результате визуального наблюдения, был поясным для всех городских озер, что свидетельствовало о достаточной глубине и оседании гниющих остатков на дно, как следствие – увеличении высоты дна. Подводные леса из макрофитов отсутствовали. Видимо, также в озёрах шли значительные процессы самоочищения, органические остатки накапливались на дне озёр незначительно, так как донный ил образовывался слабо.

Класс зарастания 3 (слабо заросшие) имели 54,5 % городских озер, класс зарастания 4 (умеренно заросшие) – 36,4 % водных объектов. Озеро Белобережское имело 6 класс зарастания, сильно заросшее.

В целом для обеспечения экобезопасности среды проживания людей в городах необходимо открытие и реализация программы «Городские озера». Более всего программа «Городские озера», включающая мероприятия по очистке, необходима для водохранилища «Белобережское» [3]. Оно, помимо целевого использования, имеет высокий рекреационный потенциал и способно, при должной эксплуатации, удовлетворять потребности населения ближайшего населенного пункта (пгт. Белые Берега) и жителей прилегающих населенных пунктов. Также, являясь наиболее рыбопродуктивным из всех изученных, Белобережское водохранилище способно удовлетворить спрос на локальный рыболовный туризм.

Список литературы

1. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков (с изм. На 12.09.2018) : утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19.03.1992 №1115 ; Приказом Минприроды от 16.04.1992 № 60 снято ограничение срока действия. Москва : МинюстРФ. 1992. 10 с.
2. ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов : утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25.12.1980 г. №5976 ; дата введения: 01.07.82. Москва : ИПК Издательство стандартов, 2000. С. 101–104.
3. Методические рекомендации «Очистка прудов и других водоемов». Управление по обеспечению деятельности противопожарно-спасательной службы Московской области от 28.4.2014 (с обновлениями 10.07.2019 г.), г. Люберцы. URL: https://gugz.mosreg.ru/dokumenty/informaciya/metodicheskie-rekomendacii/metodicheskie-rekomendatsii-po-ochistke-vodoemov

БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* НА НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Сербин А. Д., Алемова А. С., Скуратовская Е. Н.

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

Ключевые слова: нефтяные углеводороды, мидия Mytilus galloprovincialis, гепатопанкерас, прооксидантно-антиоксидантная система, аминотрансферазы.

Практически все компоненты нефти в большей или меньшей степени являются токсичными и оказывают отравляющее действие на водные организмы, а некоторые группы нефтяных углеводородов (НУ) могут аккумулироваться в органах и тканях и передаваться по пищевым цепям. В зависимости от продолжительности и масштаба загрязнения НУ может наблюдаться широкий диапазон ответных реакций – от физиолого-биохимических, морфологических и поведенческих аномалий на уровне организмов до структурных и функциональных перестроек в популяциях и сообществах. Изучение биохимического отклика в тканях двустворчатых моллюсков, обитающих в условиях повышенных концентраций НУ в эксперименте, необходимо для понимания механизмов реорганизации метаболизма и адаптивных реакций, возникающих в организме гидробионтов при воздействии токсикантов [1–3].

На основании вышеизложенного проведены исследования по влиянию углеводородов нефти на показатели прооксидантно-антиоксидантной системы (активность супероксиддимутазы, каталазы, уровень перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков), активность аминотрансфераз (аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы) гепатопанкреаса черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* в условиях острого токсикологического эксперимента. Воздействующая на мидий концентрация НУ в воде аквариумов была 0,5 мг·л$^{-1}$ (10 ПДК) и 1 мг·л$^{-1}$ (20 ПДК). Продолжительность эксперимента составила 5 суток. Отбор экспериментальных животных осуществлялся на 3-е и 5-е сутки.

Результаты эксперимента показали, что НУ при концентрациях 0,5 мг·л$^{-1}$ (10 ПДК) и 1 мг·л$^{-1}$ (20 ПДК) не оказывали влияние на активность аминотрансфераз, однако стимулировали развитие окислительного стресса путем смещения проокисдантно-антиоксидантного равновесия в сторону интенсификации процессов перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков; при концентрации 1мг·л$^{-1}$ углеводороды нефти вызывали активацию супероксиддимутазы и ингибирование активности каталазы. Показатели прооксидантно-антиоксидантной системы демонстрировали высокую чувствительность к НУ, поэтому могут использоваться наряду с другими рекомендованными параметрами для оценки функционального состояния моллюсков в условиях нефтяного загрязнения среды обитания.

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № 121030100028-0, при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-34-50005 («Наставник»).

Список литературы

1. Барабашин Т. О., Кораблина И. В., Павленко Л. Ф., Скрыпник Г. В., Короткова Л. И. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, вып. 3–4. С. 9–27.
2. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. Москва : ВНИРО, 2001. 247 с.
3. Алешко С. А. Действие нефтяных углеводородов на морские организмы на молекулярном уровне // Известия ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 247–261.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

ФРАКТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Блинова Э. А.

РГУ имени С. А. Есенина, г. Рязань

Ключевые слова: городские экосистемы, фрактальный подход, городской ландшафт, количественная оценка, экологическое состояние.

Городской ландшафт многообразен и состоит из естественных природных компонентов (зеленые зоны, санитарно-защитные зоны, растительность селитебных территорий, парки, скверы и др.) и техногенных компонентов, созданных человеком (здания, дороги, мосты и др.). Это пространство необходимо создавать с учетом концепции устойчивого развития и современных требований к экологической безопасности. Несмотря на существование большого количества различных методик экологической оценки территорий, нерешенным остается вопрос о разработке методики количественной оценки формы проявления пространственных процессов. Выработка объективных критериев такой оценки дала бы возможность для сравнения и классификации объектов городского ландшафта. Расчет фрактальных размерностей в границах городских зеленых зон позволяет оценить экологическое состояние естественных ландшафтов в черте города. Значение размерности контуров изображения (любое неотрицательное число) является хорошим признаком − информативным и неизбыточным. Так, фрактальная размерность, приблизительно равная 1, говорит о том, что объект без особенностей, почти гладкий, а фракталоподобные природные объекты характеризуются более сложными показателями [1,2].

Цель работы — анализ экологического состояния городских ландшафтов с помощью фрактального подхода (на примере г. Рязань). Объект исследования − естественные городские ландшафты зеленых насаждений г. Рязань. Предмет исследования − применение фрактального подхода в анализе экологического состояния ландшафтов зеленых насаждений. Впервые проведена оценка экологического состояния естественных городских ландшафтов по космическим снимкам с использованием фрактального подхода с помощью современных сервисов GoogleEarthProSetup и Gwyddion.

Полученные нами средние значения фрактальной размерности зеленых зон г. Рязани находятся в интервале между 1,27 и 1,35 на 95% уровне значимости. Наши значения фрактальной размерности оказались меньше 1,5 на уровне около 1,4, поэтому мы делаем вывод об антропогенной измененности природных линий: дорожки с прямыми углами как по линейке, искусственные посадки в ряд, геометрические формы ландшафтного дизайна, прямые линии. Степень антропогенной трансформации природных ландшафтов города Рязань – высокая.

Самый большой показатель фрактальной размерности оказался у Мемориального парка – 1,354. Мемориальный парк находится неподалёку от ЦПКиО на территории, прилегающей к Скорбященскому кладбищу, от которого и получил своё название. Общая площадь парка превышает 100га. В парке встречаются яблони, березы (*Malus, Betula*), липы (*Tilia*), сосны (*Pinus*), ели (*Picea*). Рядом с парком находится пруд, окруженный ивами (*Salix*), березами (*Betula*) и небольшими кустарниками.

Самый маленький показатель фрактальной размерности у Верхнего городского сада – 1,235. Это отреставрированный парк, в котором проходили работы по благоустройству территории и в результате там появились малые архитектурные формы, детская площадка. Линии четкие, техногенные.

По результатам исследования экологического состояния городских ландшафтов с помощью фрактального подхода можно сделать вывод о высокой степени антропогенной трансформации природных ландшафтов города Рязань.

Список литературы

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Москва : Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.
2. Кочуров Б. И., Блинова Э. А., Ивашкина И. В. О перспективах применения фрактального метода в биоиндикационных исследованиях // Экология урбанизированных территорий. 2022. № 1. С. 23–29.

ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА РЯЗАНИ

Блинова Э. А., Кристал Г. И.

РГУ имени С.А. Есенина, г. Рязань

Ключевые слова: лихеноиндикация, загрязнение атмосферного воздуха, лишайники-эпифиты, экологический мониторинг, Xanthoria parietina.

В городах для определения состояния атмосферного воздуха применяются инструментальные методы, используемые государственными природоохранными организациями для мониторинга состояния воздушной среды. Однако такие методы не всегда доступны и не могут отразить реальную ситуацию загрязнения окружающей среды. Об этом свидетельствует активная деятельность экологистов по сбору средств на собственные приборы-газоанализаторы [1]. В зависимости от степени загрязненности атмосферы лишайники-эпифиты избирательно заселяют стволы деревьев. Именно поэтому метод лихеноиндикации позволяет судить о степени загрязнения территории: доступно и эффективно.

Цель работы – лихеноиндикация состояния атмосферного воздуха крупнейшего города Центрального федерального округа (далее-ЦФО) − Рязань. Теоретическая значимость работы заключалась в усовершенствовании методов лихеноиндикации для применения в экологическом зонировании городов по степени загрязнения атмосферного воздуха. В результате проведенного исследования было установлено, что загрязнение атмосферного воздуха в городе имеет различную степень интенсивности. *Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.* (*Ксантория настенная*) может применяться в качестве биоиндикатора качества атмосферного воздуха городов ЦФО: вид является одним из самых распространенных и легко узнаваемых видов лишайников-эпифитов. Он обладает высокой устойчивостью к загрязнению атмосферного воздуха, способен произрастать в загрязненных районах. Процент частоты встречаемости выше в Московском районе и ниже в Советском. Построенные нами картосхемы распространения *Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.* в 2012 [2] и в 2023 году показали, что за 10 лет этот лишайник-эпифит практически полностью исчез из центральных районов города, что связано с ухудшением состояния окружающей среды, а также в связи с увеличением частоты застройки и уменьшением зеленых зон в городе. Распространение лишайников по территории г. Рязани в значительной степени зависит от кислотности субстрата – коры деревьев, которая, в свою очередь, опосредована уровнем загрязнения атмосферы конкретного района. Территории с высокой степенью загрязнения атмосферы, где отсутствуют представители лишайников-эпифитов, требуют особого внимания и принятия срочных мер по снижению выбросов загрязняющих веществ. Места со средней степенью загрязнения требуют контроля и регулярного мониторинга, а зоны с низкой степенью загрязнения могут быть использованы для развития жилых и рекреационных зон городов.

Список литературы

1. ЭРА (Экологический Рязанский Альянс) : [сайт]. URL: https://vk.com/erarzn (дата обращения: 18.08.2023).
2. Блинова Э. А. Комплексная экологическая оценка состояния воздушного бассейна г. Рязань : дис. … канд. биол. наук / Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина. Рязань, 2016. 128 с.

МИКРОПЛАСТИК В ПЛЯЖЕВЫХ ПЕСКАХ НЕВСКОЙ ГУБЫ И РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Голубева Е. А., Ершова А. А.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: микропластик, морской мусор, восточная часть Финского залива, Невская губа, загрязнение, пляж, фрейм-метод, рейк-метод.

В российской части Финского залива в лаборатории ПластикЛаб Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) проводятся уникальные исследования по изучению распределения морского мусора и микропластика (небольшие пластиковые фрагменты или волокна размером менее 5 мм [1]) в прибрежной зоне восточной части Финского залива и Невской губы. Мониторинг морского мусора проводится уже на протяжении 6 лет с 2018 г. в летнее время на 16 пляжах Санкт-Петербурга и Ленинградской области, расположенных в восточной части Финского залива и Невской губе (всего проведено 140 исследований пляжей). В данной работе проводится анализ полевых исследований 2023 года, являющихся продолжением мониторинговых работ предыдущих лет [2,3].

Исследование проводится с помощью двух международных методик обследования пляжей: метод «Frame» (метод рамки) для изучения зоны «заплеска» волн и метод «Sand Rake» («грабли») для изучения «сухой» зоны пляжа, с отбором крупных частиц микромусора (2–5 мм) в верхнем слое песка (30–50 мм) [2].

По сравнению с предыдущим периодом исследований 2018–2022 гг. [3], среднее значение содержания микромусора в 2023 г. составило 10,95±11,14 шт·м$^{-2}$, что выше, чем в 2022 г. (7,35±7,87 шт·м$^{-2}$), но ниже, чем в 2019 г. (13,50±14,90 шт·м$^{-2}$). Стандартное отклонение остается высоким (превышает среднее), что говорит о сильной изменчивости значений; однако не наблюдается аккумуляции микромусора и микропластика в зоне заплеска за весь период исследований.

В 2023 г. не изменился и качественный состав микромусора: это пластик и стекло, однако основным типом микромусора в 2023 г. стало стекло, большая часть которого, как и ранее в исследованиях [3], была найдена в парке Александрия (18,5 шт·м$^{-2}$).

Микропластик был найден в Невской губе на Жемчужном пляже (4 шт·м$^{-2}$) и в открытой части Финского залива на пляже в г. Зеленогорск (1,25 шт·м$^{-2}$).

Мониторинговые исследования зоны заплеска показали, что средняя концентрация частиц микромусора за весь период исследований – 6 лет – остается примерно на одном уровне, то есть не происходит значительной аккумуляции, ни уменьшения частиц микромусра на пляжах, как Невской губы, так и открытой части Финского залива.

Помимо зоны заплеска, в период 2018–2022 гг. выборочно исследовались пляжи на северном и южном побережьях открытой части Финского залива рейк-методом. Всего было проведено 17 исследований на 9 пляжах. Выбранные пляжи различаются как уровнем рекреационной нагрузки, так и количеством уборок на них.

В целом характерен большой разброс значений. Так, в первые два года исследований, когда количество наблюдений было самым большим (n=6 в 2018 и 2019 гг.) наблюдаются наибольшие средние значения, чем в последующие три года наблюдений: 2018 г. – 4,05±2,88 шт·м$^{-2}$; 2019 г. – 3,82±2,80 шт·м$^{-2}$. Однако, исследования пляжей Зеленогорска с 2018 по 2022 гг. показали, что в первые два года исследований количество найденного микромусора возрастало от 1,5 до 4 шт·м$^{-2}$, затем в 2020 г. произошло резкое сокращение микрочастиц мусора (0,21 шт·м$^{-2}$), но в последующие два года наблюдений происходит его увеличение: 2021 г. – 0,96 шт·м$^{-2}$, 2022 г. – 1,6 шт·м$^{-2}$.

В период 2018–2022 гг. среднее количество микрочастиц на квадратный метр варьировало как в целом по пляжу, так и по сегментам пляжа (5 м каждый). Больше всего частиц микромусора было найдено на пляжах в заказнике «Западный Котлин» – на северном пляже в 2019 г. (8,6 шт·м$^{-2}$) и на южном пляже в 2018 г. (7,6 шт·м$^{-2}$). Наименьшее количество микрочастиц микромусора было найдено на пляже в г. Зеленогорск в 2020 г. (0,2 шт·м$^{-2}$).

Количество микромусора оценивается по сегментам в направлении от уреза воды до линии растительности. На пляжах южного побережья (п. Большая Ижора, п. Лебяжье) – так называемых «диких» – наибольшее количество частиц микромусора, особенно микропластика, было найдено в средней части пляжа (на расстояние 25 м (п. Большая Ижора), 16 м (п. Лебяжье) от уреза воды). Для пляжей северного побережья (г. Зеленогорск, п. Солнечное) – городских, ежедневно убираемых пляжей, – характерно увеличение количества микромусора с удалением от уреза воды. Основным типом микромусора здесь выступает микропластик, особенно пеллеты (гранулы). Для пляжей, находящихся в заказнике «Западный Котлин», количество микрочастиц мусора снижается с удалением от уреза воды, что объясняется в первую очередь материалом – это металлический микромусор. Пластиковые частицы аккумулируются в средней части пляжа (на расстоянии 25 м от уреза воды).

Для «сухой» части пляжей Финского залива не было выявлено какой-либо тенденции увеличения или уменьшения содержания микромусора в течение исследуемого периода. Микропластик является одним из превалирующих видов материалов, но для пляжей в заказнике «Западный Котлин» металлические частицы являются основным типом микромусора.

Исследования, проводимые обоими методами параллельно, взаимно дополняют друг друга. Так, например, среднее содержание микромусора в 2019 г. и в 2018 г. было наибольшим, чем в последующие три года наблюдений, как в зоне заплеска (фрейм-метод), так и в «сухой» части пляжа (рейк-метод). Но, с другой стороны, содержание микромусора в зоне заплеска выше, чем в «сухой» зоне пляжа, что говорит о роли зоны активного воздействия волн в распределении микромусора.

Микропластик был найден во всех пробах: в зоне заплеска – это обычно вторичный микропластик (фрагменты, возникающие при разрушении более крупного пластика), а в «сухой» части пляжа – это первичный микропластик (пеллеты). Уборка пляжа не влияет на картину загрязнения, так как уборочные средства не убирают частицы менее 5 мм. В целом не наблюдается аккумуляции микропластика в пляжевых песках Финского залива и Невской губы за исследуемый период, однако распределение микромусора и микропластика на пляжах сильно зависит от гидродинамических условий.

Список литературы

1. Ершова, А.А. Еремина Т.Р. Пластиковое загрязнение Мирового океана : учебное пособие. Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. 170 с.
2. Кузьмина А. С., Ершова А. А. Загрязнение микрочастицами морского мусора песчаных побережий восточной части Финского залива Балтийского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 2. С. 86–100. https://doi.org/10.22449/2413-5577-2022-2-86-100
3. Голубева Е. А, Ершова А. А. Изучение распределения микромусора на побережьях Финского залива и Невской губы // Комплексные исследования Мирового океана : материалы VII Всерос. науч. конф. молодых учёных, г. Санкт-Петербург, 15–19 мая 2023 г. Санкт-Петербург : Своё издательство, 2023. С. 428–429.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ И МОНИТОРИНГА ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК

Иванкова Т.В.

Институт безопасности гидротехнических сооружений, г. Новочеркасск

Ключевые слова: мониторинг, риски, климат, ГИС, малые реки, программный комплекс, многофакторные исследования, гидротехнические сооружения.

Водная безопасность – одна из актуальных проблем современности. Изменение климата, вызванное деятельностью человека, приводит к учащению и усилению экстремальных погодных явлений, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [1]. В контексте национальной безопасности России, водный фактор представляет собой значительный источник рисков. Аварии на гидротехнических сооружениях и наводнения считаются основными угрозами, вызванные водой. Важно отметить, что в России ущерб от гидрометеорологических явлений составляет значительную долю – от 80 % до 90 % от общего ущерба природного характера [2]. Такие наводнения могут привести к разрушению населенных пунктов, повреждению инфраструктуры и значительным экономическим потерям. Однако, несмотря на все вызовы, связанные с водной безопасностью, существуют меры и технологии, которые помогают справиться с этой проблемой. Развитие систем предупреждения и оперативного реагирования на угрозы наводнений, строительство и реконструкция гидротехнических сооружений, исследования в области гидрологии и климатологии – все это способы снизить риски и обеспечить водную безопасность. Кроме того, важно обратить внимание на роль гражданского общества. Повышение осведомленности о рисках наводнений, соблюдение правил безопасности во время экстремальных погодных событий и активное участие в процессах подготовки и реагирования на чрезвычайные ситуации способствовуют более эффективной защите от угроз, связанных с водой. Таким образом, водная безопасность остается важным вызовом для общества.

Большинство чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями, происходят на юге России, в зонах жилой и промышленной застройки [3]. В результате этого, половодья и паводки вызывают все более катастрофические последствия. Еще одной причиной многих наводнений являются нерасчищенные русла, особенно в условиях экстремальных осадков, которые приводят к заторам и снижению пропускной способности рек. В связи с этим, мосты, пересекающие реки, могут стать опасными преградами для паводков. Для оценки текущего состояния инфраструктурных сооружений проводятся многофакторные обследования, которые позволяют определить их прочность, устойчивость и эксплуатационную надежность, а также выявить возможные дефекты. Это важно для обеспечения безопасности и предотвращения катастрофических последствий.

Цель работы – разработка комплексной программы, направленной на повышение информационно-аналитического обеспечения управления водопользованием и снижение рисков, связанных с гидротехническими сооружениями для эффективного государственного мониторинга водных объектов.

На базе собственных полевых исследований автором разработан программный модуль, который позволяет осуществлять мониторинг и прогнозирование состояния длительно эксплуатируемых сооружений в бассейнах рек. Особенностью этой программы является возможность ранжирования сооружений по степени риска на основе данных и результатов многофакторных обследований. Модуль включает методику расчета остаточного жизненного цикла, которая позволяет определить оставшийся эксплуатационный срок объекта. Таким образом, эта программа способствует более точной оценке состояния сооружений и помогает принять необходимые меры по их ремонту или замене, чтобы обеспечить их безопасность и надежность. В целом, создание комплексной программы и использование программного модуля для мониторинга и прогнозирования состояния сооружений в бассейнах рек являются важными шагами в области предотвращения наводнений и обеспечения безопасности населения и инфраструктуры в регионах России.

Для ведения программного модуля используется материал, получаемый в результате обследования и инвентаризации. Разработанный программный продукт включает функциональные возможности:

– реализован механизм пространственного запроса поиска сооружений;

– запрос на основе параметров классификации сооружений;

– формирование сводных отчетов, на основе пространственных запросов, с возможностью экспорта в другие программные продукты;

– возможность интегрировать различные способы описания (база данных, текст, фото и видеоматериалы);

– создан механизм описания и хранения метаданных об используемых и создаваемых пространственных объектах;

– разграничение уровня доступа к базе данных.

Такой подход обеспечивает возможность предоставления разноплановой информации о состоянии объектов в бассейне рек. Ранжирование объектов по классам опасности и расчет их остаточного ресурса, прогнозирование нагрузки на природно–техническую систему дает реальную картину состояния экологической ситуации в бассейне реки.

Автором зарегистрирована программа расчета остаточного срока службы длительно эксплуатируемых сооружений. Выполненные расчеты показали возможность определения оставшегося срока службы мостовых сооружений по каналам и руслам рек [4]. Также разработана система для сбора данных по объектам транспортного, мелиоративного и водохозяйственного строительства в бассейне малых реки. Каждая база содержит обработанную информацию: параметры сооружения, функциональное назначение, морфометрические признаки, геоморфологические особенности, физико–химические исследования проб воды, оценку технического состояния. Для работы с базами используются программные средства защиты и управления – системы управления базами данных. Разработанный программный продукт предоставляет широкий спектр возможностей для управления и анализа данных о сооружениях. Одной из ключевых функций является возможность поиска и фильтрации сооружений по различным параметрам. Это позволяет пользователям быстро находить нужную информацию и осуществлять оперативный контроль состояния объектов строительства. Одним из важных аспектов программного комплекса является его гибкость. Пользователи могут добавлять, редактировать и удалять объекты строительства, а также создавать новые типы объектов и настраивать их параметры. Это позволяет адаптировать программу под различные виды сооружений и обеспечивает легкость в работе с данными.

Важной функцией программного комплекса является ранжирование техногенных объектов по классу опасности и остаточному жизненному циклу. Такой подход позволяет оценить состояние объектов и определить приоритеты в планировании работ по их обслуживанию и модернизации. Программа автоматически рассчитывает остаточный ресурс сооружений и прогнозирует нагрузку на природно-техническую систему.

Для удобства работы с данными, каждое сооружение привязано к координатной сетке и отображается в интерактивном виде на картах Яндекс и Google Maps. Это позволяет визуализировать информацию и анализировать пространственные связи между объектами.

Программный комплекс предоставляет возможность формирования сводных отчетов на основе пространственных запросов. Эти отчеты могут быть экспортированы в другие программные продукты для дальнейшего анализа и использования. В системе реализован механизм описания и хранения метаданных об используемых и создаваемых пространственных объектах, что обеспечивает целостность и надежность данных.

Одним из важных аспектов разработанного программного продукта является разграничение уровня доступа к базе данных. Пользователи могут иметь различные уровни доступа, такие как «пользователь», «редактор» или «администратор». Это обеспечивает безопасность данных и позволяет контролировать доступ к конфиденциальной информации.

Решение проблемы обеспечения гидрологической безопасности населения и экосистем в бассейнах рек требует эффективного проведения как научных, так и полевых исследований. В этом контексте разработанный программный продукт играет важную роль, предоставляя удобный и надежный инструмент для сбора, анализа и управления данными. Его гибкость и возможность работы с пространственными данными делают его незаменимым инструментом для специалистов, занимающихся инвентаризацией, мониторингом, управлением и планированием в области строительства и экологии.

Список литературы

1. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I. Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. V. Masson-Delmotte et al. Cambridge : Cambridge University Press, 2021, 2391 p. https://doi.org/10.1017/9781009157896

2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. / под ред. А. А. Киселева и др. Санкт Петербург : Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.

3. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году : доклад. Москва : Росводресурсы, НИА–Природа, 2022. 510 с.

4. Иванкова Т. В. Обеспечение экологической безопасности природно-технических систем бассейнов малых рек в условиях Крымского полуострова : монография. Москва : ИНФРА-М, 2023. 171 с. https://doi.org/10.12737/1903315

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ МЕТАЛЛАМИ, ПОСТУПАЮЩИМИ С ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТЬЮ (МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)

Коршунова Н. О., Тимофеева Е. А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: колоночный эксперимент, дерново-подзолистая почва, подвижные формы, загрязнение тяжелыми металлами.

Противообледенительные жидкости (ПОЖ), применяющиеся для обработки самолетов, в процессе обработки, руления и взлета самолета могут поступать в объекты окружающей среды (почву, водоемы и водотоки), в объеме 60–80 % от используемого количества (до 1100 л на самолет). В отработанные ПОЖ могут попадать нефтепродукты, механические примеси, катионы металлов [1], источниками которых являются процессы разрушения сплавов (Al, Zn, Cu и Mn), шин (Zn и Cu), противоизносные присадки для авиационного топлива (Zn), противогололедные реагенты (Na и K). Сток ПОЖ является токсичным и относиться к 3-му классу опасности. В настоящее время не во всех аэропортах налажена система сбора стока ПОЖ, при этом, проблема загрязнения не является строго локальной, так как сток ПОЖ может распространяться в водотоках на расстояние более 19 км [4]. Гликоли и добавки в составе ПОЖ являются токсичными для гидробионтов, помимо этого, разложение ПОЖ ведет к дефициту кислорода, что может вызвать заморы рыб [4].

Для изучения воздействия ПОЖ нами был поставлен колоночный эксперимент, моделирующий залповое поступление ПОЖ в дерново-подзолистую почву [3], согласно методическим рекомендациям по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве (утв. Минздравом СССР 05.08.1982 N 2609–82). Было показано, что ПОЖ загрязнены Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Zn, которые по-разному сходили с колонок в течение эксперимента [3]. Целью данной работы было определить содержание кислоторастворимых и подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в подвергшейся загрязнению ПОЖ почве, а также рассчитать суммарный показатель загрязнения ТМ.

Содержание кислоторастворимых форм ТМ было определено методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с предварительным разложением смесью HNO_3 (конц) и H_2O_2 (по РД 52.18.191–89). Содержание подвижных форм ТМ – методом ICP-OES с предварительным извлечением ацетатно-аммонийным буфером с pH=4,8. Валовое содержание Mn меньше, чем в контроле, что говорит о выносе данного элемента под действием ПОЖ. Валовое содержание As, Ni, Cu, Zn, Cr – больше, чем в контроле, что говорит о привнесении данных элементов с ПОЖ. Сравнивая данные о валовом содержании и подвижных формах, можно сделать выводы об изменении формы содержания элемента в сторону большей или меньшей подвижности и, следовательно, возможности его дальнейшей миграции в ландшафте при данных условиях. Вымывание подвижных форм ряда металлов из почвы было показано ранее в работе [3].

Суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами (Zc) составил 4,9, что соответствует допустимой категории химического загрязнения почвы согласно таблице 4.5 СанПиН 1.2.3685-21 и, согласно Приложению 6 МУ 2.1.7.730-99, данная почва может быть использована без ограничений.

Таким образом, в условиях эксперимента, воздействие ПОЖ на почву не приводит к увеличению степени загрязнения почв ТМ, что может быть объяснено в том числе миграцией ряда элементов с гликолями, Fe и Mn, которые являются фазой-носителем [2]. Тем не менее, это комплексный процесс, требующий дальнейшего изучения, в том числе с точки зрения влияния жидкой фазы почвы с поверхностным и грунтовым стоком и потенциального загрязнения ландшафта.

Список литературы

1. Бузаева М. В., Шарапова А. В., Климов Е. С., Наместникова О. В. Утилизация отработанных противообледенительных жидкостей с использованием цеолитов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2013. № 4. С. 10–12.
2. Водяницкий Ю. Н. Сродство тяжелых металлов и металлоидов к фазам-носителям в почвах // Агрохимия. 2008. № 9. С. 87–94.
3. Коршунова Н. О., Тимофеева Е. А. Барьерная функция почвы при воздействии ПОЖ, применяемых в гражданской авиации // Почвоведение. Горизонты будущего. 2022 : сборник тезисов докладов шестой конференции молодых ученых Почвенного института им. В. В. Докучаева, посвященной 95-летию Почвенного института им. В. В. Докучаева, Москва, 24–28 октября 2022 г. Москва : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2022. С. 48–50.
4. Corsi S. R., Booth N. L., Hall D. W. Aircraft and runway deicers at General Mitchell International Airport, Milwaukee, Wisconsin, USA. 1. Biochemical oxygen demand and dissolved oxygen in receiving streams // Environmental Toxicology and Chemistryl. 2001. Vol. 20, iss. 7. P. 1474–1482. https://doi.org/10.1002/etc.5620200709.

ДИАГНОСТИКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ (ДОНБАССА) ПО ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫМ ДАННЫМ

Крамаренко А. А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк

Ключевые слова: фитоиндикация, экологический мониторинг, Донбасс, городские экосистемы, загрязнение природных сред.

В системе действия факторов антропогенного загрязнения растительные организмы используются в том числе для оптимизационных и индикаторных мероприятий. Древесные растения в условиях промышленных воздействий в степной зоне Восточной Европы обладают максимально большой эффективностью для процессов пылеосаждения, а значит испытывают воздействие токсичного стресса. По неспецифическим и специфическим реакциям растительного организма возможно изучение разницы, которая в цифровом эквиваленте является индикационной и диагностической. В спектре проведенных ранее исследований дифференцирована структурная гетерогенность древесных растений в условиях фоновых и повышенных уровней радиации [2], а также проведен эксперимент по установлению межвидовой разницы в аспектах пылеосаждения и пылеулавливания растениями в техногенно напряженных точках Донбасса [3].

Цель работы – обобщить результаты диагностического эксперимента по изучению древесных растений Донецкого региона в качестве индикаторов загрязнения урбанизированной среды (на примере геохимического и радиационного контраста).

Работы по фитоиндикации и диагностике природных сред с помощью растений-индикаторов активно проводятся на территории Донецкой Народной Республики [1,4], что составляет методическую основу в планомерном изучении возможного использования растений для экологического мониторинга в регионе глубоких антропогенных трансформаций. При планировании эксперимента были выбраны предположительно доминирующие дополнительные факторы воздействия на растительные массивы таким образом, чтобы была возможность вычленить их действие в совокупности влияния других климатических и естественно-географических факторов среды (что важно для промышленной городской агломерации в техногенно трансформированном регионе Донбасса).

В анализе геофизического контраста (по радиационному фону) были получены данные о состоянии трех доминирующих видов древесных растений *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L. и *Pinus sylvestris* L. В ходе исследования было проанализировано расположение породных отвалов и близость по отношению к ним искусственных лесных насаждений. По картографическим материалам были разработаны два маршрута по лиственному и хвойному лесным насаждениям, пролегающим около породных отвалов. Выделены структурно-функциональные отличия в особенностях заложения камбия, формирования годичных колец и атипичной древесины в градиенте неблагоприятного воздействия. Выявлены внешние модификации хвойных и лиственных деревьев для оценки ущерба фитотопа на примере дуба черешчатого, ясеня обыкновенного и сосны обыкновенной как фитоиндикаторов повышенного радиационного фона в городах Донбасса.

В полевом эксперименте по определению пылеосаждения использовали следующие виды растений: *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Populus nigra* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer platanoides* L., *Betula pendula* Roth, *Aesculus hippocastanum* L., *Juglans regia* L. Материал собирали в условиях промышленных городов Донбасса: Донецк, Макеевка, Горловка, Енакиево, Шахтерск, Харцызск. В качестве контроля использовали лесопосадки буферной территории северной границы особо охраняемой природной территории – Республиканского ландшафтного парка Донецкий Кряж. Установлена территориальная зависимость в накопительной способности растений запыленных мест произрастания (преимущественно в городских агломерациях Енакиево и Горловки, на 10-15(20) % меньше для городской агломерации Донецка и Макеевки). В фоновых точках пылеосаждения приближалось к минимальным значениям из всего диапазона значений. Полученных в эксперименте по сбору полевых образцов. Конкурентами по пылеосаждению являются *Betula pendula, Robinia pseudoacacia, Populus nigra* и *Juglans regia.* Для территорий максимального пылеосаждения (как результат интегрированного процесса по суммации промышленной металлургической пыли и результатов угледобычи, совместно с работой автотранспорта) были установлены показатели накопления окислов азота и серы как индикаторных соединений для работы промышленности в процессе загрязнения воздушной среды. Установлено, что в растениях-аккумуляторах и пылеосадителях при формировании основных фотосинтезирующих структур в условиях сильного промышленного запыления происходят и качественные перестройки. Предположения о зависимости поверхности листа к способности осаждать пыль остаются дискуссионными, поскольку особенности опушения, орнаментации, трихомообразования и формирования кутикулы не всегда сопряжены с эффективностью осаждения пыли и его физиологического поглощения растением. Исследование желательно продолжить в аспекте микроструктур и подробного химического состава именно поверхности листьев.

Структурные особенности листовой разнокачественности на анатомическом и гистохимическом уровне можно в дальнейшем использовать в фитоиндикационной тематике после проведения процедуры квантификации и разработки индивидуальных экологических шкал в строении вида (если признаки окажутся дискретными и дробными для индикационного шкалообразования). Основной вывод наблюдаемых закономерностей – древесные растения в условиях промышленного загрязнения выполняют мощную детоксикационную функцию биосферы, обязательным образом участвуют в процессах оптимизации неблагоприятных факторов среды в сторону их гармонизации в природно-антропогенных условиях существования (на примере индустриально напряженных точек в Донбассе).

Работа выполнена в рамках инициативной темы кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета «Ботаника антропотехногенеза: индикация и оптимизация», № 0122D000085

Список литературы

1. Алемасова А. С., Сафонов А. И. Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 5–13. https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-5-13
2. Крамаренко А. А. Фенотипическая пластичность древесных растений агломерации г. Шахтерска в условиях повышенного радиационного фона породных отвалов // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «ДОННУ. 2023. Т. 1, вып. 15. С. 68–75.
3. Крамаренко А. А. Эффективность деревьев по пылеосаждению в индустриально загрязненных точках Донбасса // Наука и инновации – современные концепции : сборник статей Международного научного форума, г. Москва, 14 июля 2023 г. Москва : Инфинити, 2023. Т. 3. С. 167–174.
4. Сафонов А. И., Алемасова А. С., Зиньковская И. И., Вергель К. Н., Юшин Н. С., Кравцова А. В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. 2023. Т. 68, № 10. https://doi.org/10.31857/S0016752523100114

СОЗДАНИЕ АКВААДАПТОГЕНОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ УСТОЙЧИВОСТЬ ЖИВЫХ СИСТЕМ К ВЛИЯНИЮ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ И МУТАЦИЯМ

Маринич И. И.[1], Чжу О. П.[1], Туманова А. Л.[2], Аравиашвили Д. Э.[1]

[1]Научно-исследовательский институт медицинской приматологии, г. Сочи
[2]НИМЦ "Экологии и здоровья человека", г. Сочи

Ключевые слова: биологически активные вещества (БАВ), морские беспозвоночные, микроводоросли хлореллы, антиокислительная активность, протекторные свойства, ростовые вещества.

Устойчивость иммунной системы неразрывно связана со здоровым питанием, соответствующим образом жизни, благоприятной окружающей средой. В последние годы в экономике и обществе резко выросла актуальность изучения информационных факторов прогноза территориальных микроэлементозов и их влияния на эпидемиологию и заболеваемость. Особую ценность эти сведения имеют для курортных зон, так как предполагают разработку комплекса действенных мер, не только по профилактике, ранней диагностике и лечению, связанных с нарушением обмена веществ, заболеваний, но и прогнозированию и профилактике инфекционных угроз, т.е. эпидемиологической безопасности не только для приезжающих туристов, но и для местного населения. При этом у прибывшего на курорт из другого региона туриста иммунная система ослабляется, ввиду того, что организм перенастраивается на другой климатический режим. В этом плане особую актуальность приобретают научные исследования, нацеленные на выработку мер эпидемиологического заслона через укрепление в курортных условиях иммунной системы человека с учетом регионального компонента, а также системы ресурсоведения Черного моря как экономически и экологически выгодной отрасли (доступность, разнообразие структур, запасы, широкая и воспроизводимая сырьевая база и т. д.) [1].

Комплексы биологически активных веществ, извлеченные из морских гидробионтов, в частности беспозвоночных, обладают уникальными свойствамии характеризуются значительным разнообразием метаболитов, которые проявляют высокую антиоксидантную, иммуномодулирующую, противоопухолевую активности [1]. Большой интерес представляет в качестве иммуномодулятора пресноводная микроводоросль *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, *1890*). Хлорелла, как 100% органический высокоэффективный природный биостимулятор, содержит в себе более 600 биоактивных веществ, из которых 355 относится к высоко биоактивным веществам. Она хорошо зарекомендовала себя в сельском хозяйстве, в безотходном цикле агро- и аквакомплексов, а также при утилизации бытовых и промышленных отходов [2].

В данной работе дана оценка возможности создания и перспектив использования акваадаптагенов широкого спектра действия на основе субстратов биологически активных веществ морских гидробионтов в комбинации с производными микроводоросли хлореллы.

Извлечение биологически активных веществ проводили методом двухфазной экстракции в сочетании с ультразвуковым озвучанием. При этом преимущественно гидрофильные вещества остаются в спиртоводной фазе (белки, незаменимые аминокислоты, водорастворимые витамины и микроэлементы, и др), а липофильные переходят в масляную (фосфоролипиды, жирорастворимые витамины, ненасыщенные жирные кислоты и др) [3].

Антиокислительную активность (АОА) полученных экстрактов определяли методом, позволяющим проводить скрининг лекарственного сырья, фитопрепаратов и биологически активных веществ с высокой антиокислительной активностью. Расчет показателя АОА (мг·г), которому соответствует концентрация биологически активных веществ восстанавливающего характера в пересчете на кверцетин.

Антимикробную активность извлеченных комплексов биологически активных веществ оценивали методом проращивания в питательной среде экстрактов с оптимальными значениями АОА в масляной и водно-спиртовой фазах.

Предварительной оценку протекторной активности полученных препаративных форм проводили при изучении кинетики суммарного процесса ферментативных реакций в замкнутой системе. В качестве экзогенного токсиканта использовали соль тяжелого металла [3].

Рост и митогенную активность лимфоцитов периферической крови низших обезьян оценивали *in vitro* при воздействии комплексов биологически активных веществ, извлеченных из тканей гидробионтов.

В процессе проведенных исследований доказали, что ряд важных и особо ценных биологически активных веществ, образующихся в *C. vulgaris*, способны сохранять свои свойства только в живой клетке, а также оценили влияние концентрата хлореллы на состояние здоровья животных (мыши, крысы, приматы), укрепление их иммунной системы; определили возрастные особенности физиологических, эндогенных и гематологических индикаторов реагирования организма. Методом ВЭЖХ доказали, что выращенные с использованием суспензии хлореллы лекарственные растения обладают более высоким элементным содержанием и концентрацией полезных биоактивных веществ в сравнении с мировыми аналогами [3].

Полученные субстраты комплексов биологически активных веществ в комбинации с производными микроводоросли хлореллы обладают антиоксидантным и иммуномодулирующим эффектами, клеточным восстановлением, защитой от процессов окисления, митогенной активностью, позволяющей стимулировать и регулировать рост отдельных тканей. Результаты проведенных исследований позволяют рассматривать их как компоненты перспективных направлений разработки биодобавок и технологий безопасного питания, начиная от продуктов, выращенных на их основе (животных, растений, аква-культур, море-культур, создания тепличных комплексов с гидропонными растворами), и заканчивая производством биологически активных веществ (клеточные технологии), биологически активных добавок, косметологической продукции, фармацевтических средств.

Список литературы

1. Besednova N. N. Sea hydrobionts – potential sources of drugs // Health. Medicalecology. Science. 2014. Vol. 3, iss. 57. P. 4–10.
2. Туманова А. Л., Кочетков Н. М. Аспекты экологически безопасного питания в обеспечении эпидемиологической защиты курортов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. Т. 11. С. 66–69.
3. Туманова А. Л., Чжу О. П. Разработка системы ресурсоведения гидробионтов Черного моря как новой экономически выгодной отрасли фармации с целью сохранения экологии и здоровья человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. Т. 12. С. 87–92.

РАЗНООБРАЗИЕ ТРЕНТЕПОЛИЕВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ ВЬЕТНАМА

Подунай Ю. А.[1], Мартыненко Н. А.[2], Гусев Е. С.[2], Ву Мань[3]

[1]Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, пгт. Курортное
[2] Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН, г. Москва
[3]Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Хошимин

Ключевые слова: трентеполиевые водоросли, субаэральная флора, метабаркодинг, клоновая культура, Вьетнам.

Порядок Trentepohliales состоит из единственного семейства Trentepohliaceae. На основании морфологических критериев он включает пять родов (*Cephaleuros* Kunze ex Fries, *Phycopeltis* Millardet 1870, *Stomatochroon* B. T. Palm 1934, *Trentepohlia* C. F. P. Martius 1817 и *Printzina* R. H. Thompson & Wujek 1992). Тропические регионы, повидимому, являются центром распространения Trentepohliales, где эти организмы выступают основным компонентом субаэральной флоры водорослей и широко распространены на почве, камнях, стволах, листьях, плодах и различных искусственных субстратах [1]. Некоторые виды являются эндофитами или паразитами, также встречаются в качестве фитобионта в лишайниках [2]. Представители Trentepohliales состоят из однорядных разветвленных нитей, которые у некоторых видов могут плотно переплетаться и давать компактные, почти корковые массы, образуя псевдопаренхиматозную массу или моностроматические диски, и формировать на стеблевой клетке специализированные зооспорангии. Молекулярно-генетические исследования показали, что существующая система, основанная на морфологических критериях, требует существенной доработки, например, согласно последним данным, роды *Trentepohlia*, *Phycopeltis* и *Cephaleuros* полифилетичны [3].

Исследования проводили во Вьетнаме в национальных парках Кат Тьен и Би Дуп – Нуй Ба с 2019 по 2022 годы. Пробы собраны в рамках темы Эколан 1.2. Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра. Национальный парк Кат Тьен представляет собой равнинный влажный тропический муссонный лес, значительная площадь которого заливается в сезон дождей. Национальный парк Би Дуп – Нуй Ба располагается в среднегорном районе с высотами от 1400 м до 2200 м и двумя основными типами лесов (хвойным и широколиственным) с различными подтипами в зависимости от высоты произрастания. Исследования разнообразия трентеполиевых водорослей включали их сбор на стволах и листьях древесных растений, изучение морфологического строения с помощью световой микроскопии, выделение в культуру и метабаркодинговые исследования. Для метабаркодинга была выбрана пара праймеров V918S BoenF (5'-GTACACACCGCCCGTC-3') – ITS2_broad (5'-GCTGCGTTCTTCATCGWTR-3') [4]. Для метабаркодинговых исследований было отобрано более 200 образцов коры с 81 вида деревьев (относящихся к 70 родам) в Кат Тьене и более 40 образцов, представляющих 34 вида древесных растений и лиан в Би Дуп – Нуй Ба. Согласно современным оценкам, описано около 100 видов в порядке Trentepohliales. В наших исследованиях тропических лесов в пределах двух национальных парков Вьетнама выявлено гораздо большее разнообразие этой группы – более 250 операциональных таксономических единиц по региону V918S rDNA. Для ряда представителей Trentepohliales характерен паразитизм, но этот вопрос слабо изучен. В наших исследованиях обнаружены представители рода *Cephaleuros*, многие из которых относятся к паразитическим видам, причём число найденных таксономических единиц (91) превышает известное число видов рода более чем в 3 раза.

В докладе будут представлены данные по разнообразию и распространению представителей Trentepohliales Вьетнама на основе морфологических и молекулярно-генетических данных.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20–14–00211).

Список литературы

1. Lypez-Bautista J. M., Waters D. A., Chapman R. L. The Trentepohliales revisited // Constancea. 2002. Vol. 83. P. 1–23.
2. Chapman R. L. An assessment of the current state of our knowledge of the Trentepohliaceae // Irvine D. E. G. & John D. M. (Eds). Systematics of the green algae. London : Academic Press, 1984. P. 233–250.

3. Rindi F, Lam D. W., López-Bautista J. M. Phylogenetic relationships and species circumscription in Trentepohlia and Printzina (Trentepohliales, Chlorophyta) // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2009. Vol. 52, iss. 2. P. 329–339. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.01.009

4. Boenigk J., Wodniok S., Bock C., Beisser D., Hempel C., Grossmann L., Lange A., Jensen M. Geographic distance and mountain ranges structure freshwater protist communities on a European scale // Metabarcoding Metagenom. 2018. Vol. 2. Art. no. e21519 (14 p.). https://doi.org/10.3897/mbmg.2.21519

ГИС-ПРОЕКТ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ СЕВЕРО-КРЫМСКОГО КАНАЛА

Строганова М. С., Антонов И. В., Заплавная С. С.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

Ключевые слова: геоинформационные системы, Северо-Крымский канал, качество воды, водопользователи, экологический мониторинг.

Актуальность разработки геоинформационной системы (ГИС) мониторинга качества воды Северо-Крымского канала обусловлена тем, что канал обеспечивает водой сельскохозяйственные угодья Крымского полуострова, питает искусственные водоемы и наливные водохранилища Крыма. В канал не производится сброс сточных вод, однако, качество воды в канале необходимо контролировать с учетом всех водопользователей.

Во время полноценного функционирования канала были выявлены систематические превышения нормативов по показателям ХПК и БПК$_5$ в 1,5 ПДК [1], а в период переброса воды из реки Биюк-Карасу и подземных вод в воде канала были обнаружены превышения по содержанию азота аммонийного, нитратного, нитритного, сульфатов, соединений меди, хлоридов, общего солесодержания и жесткости.

Мониторинг качества воды в водном объекте, в том числе и Северо-Крымском канале, подразумевает широкое использование информационных систем для сбора, накопления, обработки данные о состоянии водных экосистем.

В работе приводятся результаты разработки ГИС-проекта с использованием программного продукта QGIS с открытым кодом, который обладает широкими возможностями системы, а также пакетом базовых геоданных и слоев, которые можно использовать для работы с программой [2].

Первоначально при разработке ГИС-проекта Северо-Крымского канала был загружен пакет пространственных данных по каналу. Полный пакет геоданных был получен из облачного банка данных ГИС – NextGIS. Геоданные составлены из различных слоев, представляющих собой совокупность пространственных объектов, относящихся к одному классу объектов в пределах определенной территории и в системе координат, общих для набора слоев. На этом этапе были выбраны следующие слои: автодороги, административные границы, водная поверхность, гидросеть, населенные пункты, озера, крупные реки, растительность, землепользование (садоводческие товарищества, фермы, виноградники и т.д.) и территория суши.

Затем в ГИС-проект были добавлены русло Северо-Крымского канала, водопользователи, находящиеся в данном водном бассейне, а также пункты контроля качества воды в канале.

Точки забора водных ресурсов из Северо-Крымского канала водопользователями по координатам наносились в ГИС-проект с помощью установленного внешнего модуля «LatLonTools». Для этого была проведена обработка информации о водопользователях и местах забора водных ресурсов, полученной из государственного водного реестра. Согласно актуальному на момент разработки программы реестру, по Республике Крым зарегистрировано 56 водопользователей Северо-Крымского канала. Системой координат в проекте была выбрана WGS 84 с идентификатором EPSG:4326, представляющая координаты в десятичной системе исчисления без использования обозначений минут и секунд, координаты записываются в виде [45,2166, 35,1234]. Далее пространственные данные о точках водопользования были обработаны с помощью поисково-информационных картографических служб и переведены в единую систему координат.

На заключительном этапе разработки проекта была сформирована электронная карта, произведено ее сохранение в программе и экспорт на диск пользователя в удобном формате. На макет были добавлены масштабная линейка и пункты контроля качества воды в канале с учетом расположения водопользователей.

При разработке ГИС-проекта мониторинга качества воды канала предполагается, что на первоначальном этапе, для формирования базы данных измерений показателей и выявлении тех из них, по которым наблюдаются превышения, контроль будет производиться по показателям: нефтепродукты, фенол, сульфаты, хлориды, хлорорганические соединения, сульфиды, фторид-анион, АСПАВ и НСПАВ, формальдегид, алюминий, железо, марганец, медь, цинк, ионы хрома и тяжелые металлы [3].

В ходе работы на основе проведенного аналитического обзора информации о состоянии качества воды канала с учетом временных изменений, разработан ГИС-проект Северо-Крымского канала с нанесением источников негативного воздействия на канал и пунктами контроля качества воды в канале с помощью программы QGIS.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: https://base.garant.ru/71586774/ (дата обращения: 11.08.2023).
2. QGIS Documentation : [сайт], 2022. URL: https://docs.qgis.org/3.28/pdf/ https://docs.qgis.org/3.28/ru/ (accessed: 13.05.2023).
3. Российская Федерация. Законы. Об утверждении правил проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду : Постановление Правительства РФ от 13 июля 2019 года № 891 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: https://docs.cntd.ru/document/560704091 (дата обращения: 14.08.2023).

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ПРУДОВ ГОРОДА МОСКВЫ ДО И ПОСЛЕ ОЧИСТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Урусова Е. А., Тимофеева Е. А.

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

Ключевые слова: ЭМ-технология, очистка водных объектов, тяжелы металлы (ТМ).

Рост числа промышленных предприятий, селитебных зон и развитие инженерных коммуникаций приводит к усилению антропогенной нагрузки на поверхностные воды в черте городов. Для снижения негативного влияния на водные объекты применяется ряд технологий очистки вод, среди которых можно выделить: механические, физические, химические, физико-химические, биологические (в т. ч. использование эффективных микроорганизмов), комбинированные и другие.

Эффективные микроорганизмы (ЭМ) являются консорциумом полезных штаммов и включают в себя преимущественно популяции молочнокислых и фотосинтезирующих бактерий и дрожжей. Концепция ЭМ была предложена японским профессором Теруа Хига, который представил выборку из более чем 80 видов микроорганизмов, отобранных из различных сред. Ряд авторов отмечает [1–4], что ЭМ применяются для разных природоохранных задач: очистки загрязненных озер, заливов, септиков, сточных вод, фильтрата свалок, в отдельных случаях водоподготовки. На текущий момент недостаточное количество работ, прежде всего русскоязычных, посвящено ремедиации городских прудов с помощью ЭМ.

Вместе с тем, требования к качеству воды, предъявляемые к объектам разных категорий назначения, различны, а эффективность работы ЭМ зависит от климатических условий, ландшафтных характеристик и ряда других аспектов, поэтому требуется проведение исследований с учетом множества факторов.

Целью данной работы является оценка влияния технологии эффективных микроорганизмов на гидрохимические показатели качества воды прудов города Москвы.

Объектами исследования являются 6 прудов на территории города Москвы и посёлка Московский: Старинный пруд в Аптекарском огороде, Федеративный пруд в Новогиреево, Заводской пруд в поселке Московский, пруд Красный Казанец в районе Вешняки, и Верхний и Нижний Коломенские пруды в музее-заповеднике Коломенское.

Эксперимент проводился в период с мая по сентябрь 2022 г. Условно эксперимент можно разделить на 4 этапа: рекогносцировочный, подготовительный, первый отбор проб и внесение препарата, контроль. Приготовление ЭМ-колобков проходило на территории Ульяновского лесопарка 30 и 31 мая 2022 г. ЭМ-колобки изготавливают (из расчета на 10 колобков) на базе глины (1 кг), ферментированных органических веществ (ОФЭМ приобретается в ООО «Приморский ЭМ-центр» – 200 мл), питательной среды – патока свекольная (2–3 мл), нехлорированной или отстоянной воды (200–300 мл) и препарата АКВА-ЭМ-1 (2–3 мл).

С 5 по 10 июня 2022 года, непосредственно перед применением препарата с ЭМ, водолазами на всех исследуемых прудах была произведена очистка дна водоемов от мусора (стеклянные бутылки, банки, резиновые покрышки), крупных веток и т. п. Были отобраны пробы воды в трехкратной повторности. Далее в водоёмы был внесен препарат АКВА-ЭМ-1 из расчета 1 л препарата на 10000 л воды. ЭМ-колобки заброшены в водные объекты из расчета 1–2 штуки на 1 м^2 площади дна. Оценка состояния воды проводилась в 2 этапа. Второй отбор проб проходил через месяц, с 26 июля по 3 августа 2022 г. Третий отбор проб прошел с 5 по 14 сентября 2022 г.

Для оценки степени загрязнения исследуемых вод были выбраны индексы: гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ), показатель химического загрязнения (ПХЗ-10), индекс суммы отношений концентраций, оценка по уровням уровня токсического загрязнения воды, отношение концентрации загрязняющего вещества к ПДК (КПДК). Также использовалась эффективность очистки вод.

Вода 6 прудов г. Москвы была отнесены по классификации Алекина к карбонатному классу, кальциевой группе и первому типу (жесткие пресные или солоноватые) как до, так и после очистки.

До очистки качество вод 6 прудов г. Москвы по показателю ИЗВ отнесено к категории грязная (Старинный, Красный Казанец), очень грязная (Федеративный), чрезвычайно грязная (Заводской, Верхний и Нижний Коломенский) по отношению к ПДК рыб-хоз. По отношению к ПДК культ-быт качество вод характеризовалось как: загрязненная (Старинный, Красный Казанец, Верхний Коломенский) и очень грязная (Федеративный, Заводской, Нижний Коломенский). По ПХЗ-10 (1,2 и 3,4 КО) загрязнение вод попадало в категорию «относительно удовлетворительное» по отношению к ПДК культ-быт. По отношению к ПДК рыб-хоз – качество вод большинства прудов по ПХЗ-10 (3,4 КО) попадает в категорию «чрезвычайная экологическая ситуация». Кпдк составил от 2 до 5 для большинства загрязнителей. Пруды – бессточные, поэтому загрязнения накапливаются постоянно.

Положительная эффективность ЭМ для очистки прудов была выявлена для следующих показателей качества вод: минерализация (6 прудов, до 45 %), взвешенные вещества (4 пруда, до 76 %), нитрит-ион (4 пруда, до 90 %), ион калия (3 пруда, до 67 %), БПК5 (3 пруда, до 98%). Полученные данные согласуются с литературными: ЭМ эффективны в отношении очистки большинства органических и взвешенных веществ [2]. Снижение содержания калия также возможно из-за потребления ЭМ.

Нулевая эффективность очистки воды ЭМ (их неэффективность) была выявлена для следующих показателей: прозрачность, содержание растворенного кислорода, ионов кадмия, меди, молибдена, никеля, свинца, ртути, хрома (общего), а также отсутствие влияния на pH – для всех исследуемых прудов [3].

Отрицательная степень очистки воды прудов ЭМ (дополнительное поступление и вторичное загрязнение) была выявлена для следующих показателей: цинк (6 прудов) – см. рис. 1, марганец (6 прудов), сульфат-ион (5 прудов), АПАВ (4 пруда), железо общее (4 пруда), запах (3 пруда), аммоний-ион (3 пруда), нитрат-ион (3 пруда), перманганатная окисляемость (3 пруда), хлорид-ион (3 пруда), щелочность (3 пруда). Уровень содержания металлов повысился, предположительно, из-за вторичного загрязнения из донных отложений прудов. Содержание соединений азота повышается из-за ускорения процессов нитрификации и аммонификации, также наблюдается переход разных форм азота.

Класс качества воды 6 прудов г. Москвы после применения ЭМ по ИЗВ при ПДК рыб-хоз не изменился в 4 прудах, повысился – в Старинном, понизился – в Федеративном. Класс качества вод по ИЗВ при ПДК культ-быт не изменился в 3 прудах, снизился – в Федеративном, Красном Казанце и Нижнем Коломенском. Повышение качества преимущественно достигнуто из-за снижения показателя БПК5 до 6 раз. По ПХЗ-10 категория загрязнения вод не изменилась (для двух нормативов).

Применение ЭМ для очистки воды прудов в природно-климатических условиях Москвы может быть рекомендовано только в случаях наличия легкоокисляемых органических загрязнителей, при этом пруд не должны быть загрязнен большинством неорганических загрязнителей (в т. ч. ТМ) – поскольку ЭМ в их отношении неэффективны, а в отдельных случаях приводят к увеличению ряда показателей. Рекомендуется применение ЭМ в прудах при низком уровне загрязнения донных отложений, поскольку при высоком уровне ЭМ могут приводить к вторичному загрязнению вод.

Работа проводилась в рамках проекта Чистые пруды России, который реализуется «Российским экологическим обществом» при поддержке Фонда президентских грантов.

Список литературы

1. Ekpeghere K. I., Kim B.-H., Son H.-S., Whang K.-S., Kim H.-S., Koh S.-C. Functions of effective microorganisms in bioremediation of the contaminated harbor sediments // Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2012. Vol. 47, iss. 1. P. 44–53. https://doi.org/10.1080/10934529.2012.629578
2. Zhang Z., Ding S. Q., Yang Y. S., Zuo X. J., Xu Y. EM Biodegrading Characteristics of Petroleum Hydrocarbon in Artificial Seawater // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 356–360, iss. 1145–1151. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.1145
3. Zhou S., Wei C., Liao C., Wu H. Damage to DNA of effective microorganisms by heavy metals: Impact on wastewater treatment. // Journal of Environmental Sciences. 2008. Vol. 20, iss. 12. P. 1514–1518. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62558-9
4. Лапшакова Л. А. Перспективы применения эффективных микроорганизмов для очистки озер Амурской области // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 15 апреля 2020 года. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 199.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фрей Д. И.[1,2,3]

[1]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
[2]Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
[3]Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

Ключевые слова: морские течения, циркуляция океана, междисциплинарные исследования, измерители скорости, спутниковая альтиметрия, численное моделирование.

Морские течения наряду с другими динамическими процессами оказывают ключевое влияние на большинство происходящих в Мировом океане явлений. Поверхностные и глубинные течения влияют на весь спектр исследуемых в океанологии процессов – они формируют термохалинную и химическую структуру вод, переносят питательные вещества, необходимые для функционирования биологических сообществ, влияют на климат в региональном и глобальном масштабе, переносят микропластик и прочие загрязнения на большие расстояния, перераспределяют осадочное вещество и влияют на процессы седиментации, переносят морской лед и айсберги в полярных областях, воздействуют на гидротехнические сооружения в морских акваториях. Циркуляция Мирового океана, являясь одним из основных аспектов изучения физической океанографии, важна для целого ряда океанологических направлений, включая морскую биологию, химию, геологию, технические науки и другие дисциплины.

Методы исследования циркуляции океана непрерывно совершенствуются. Морские течения на поверхности известны с тех пор, как парусные суда сформировали основу морской торговли более тысячи лет назад. В дальнейшем одной из известных вех в изучении циркуляции океана стало открытие Гольфстрима в начале 16-го века, а также его подробное исследование и нанесение на карту под руководством Бенджамина Франклина в 1769 году на основе маршрутов торговых судов. В настоящее время для исследования течений используются всевозможные технические средства и методы: прямые наблюдения с научно-исследовательских судов, автономные измерительные системы, космические спутники, суперкомпьютерное моделирование, методы машинного обучения.

В данном обзоре рассматриваются основные современные методы исследований морских течений, а также их частные применения к различным задачам морской биологии, геологии и других дисциплин. Обзор затрагивает в первую очередь методы прямых измерений течений с научно-исследовательских судов, также обсуждаются вопросы численного моделирования течений и измерения циркуляции верхнего слоя океана с помощью спутниковой альтиметрии. Рассматриваются ряд конкретных применений данных по течениям в Мировом океане к различным междисциплинарным задачам. Материал основан на результатах, полученных в комплексных рейсах Института океанологии РАН совместно с другими научно-исследовательскими институтами, а также в ходе работ по численному моделированию и анализу спутниковых данных по морским течениям в различных регионах Мирового океана. Одной из целей данного обзора также является описание доступных данных по течениям в океане, которые могут свободно использоваться специалистам различных научных направлений.

Работа поддержана грантом РНФ 22-77-10004

EXPLORING THE IMPORTANCE OF SUSTAINABLE WATERFRONT LANDSCAPE CONSTRUCTION FOR COASTAL ECOSYSTEMS AND RECREATIONAL USE

Yue Z. X.

Tomsk State University, Tomsk

Keywords: sustainable development, coastal ecosystems, recreational and leisure facilities in coastal areas.

The traditional way of building waterfront landscapes has had a significant negative impact on shoreline erosion. Construction projects in some industrial facilities and commercial development areas, such as the construction of coastal ports and marinas, create a stronger impetus for the migration of marine sediment and natural wave infiltration. Such erosion and collapse can be evident in the shrinking of coastal landscapes, the retreat of shorelines and the negative impact on local ecology and communities. Traditional waterfront landscapes are generally built without consideration of environmental protection factors, posing the risk of water pollution. For example, the construction of recreational facilities and human activities have had a negative impact on litter and waste in the water, polluting the water to such an extent that in some areas the water has become toxic. In addition, large scale industrial areas built on the waterfront may also result in the discharge of toxic substances and waste, which can have a serious impact on the cleanliness of coastal areas. The lack of environmental and sustainable considerations in traditional waterfront landscaping has had many negative impacts on the stability of coastal ecosystems and economic development. Therefore, there is a need to promote and apply sustainable waterfront landscaping methods to promote ecological conservation and economic sustainability in coastal areas.

Sustainable construction is essential for coastal ecosystems and recreational use, offering protection for ecosystems during the construction process while enabling healthy development, maintaining stable water quality, promoting tourism, and improving community cohesion. By optimizing landscapes and protecting natural environments and ecosystems, sustaining coastal areas offers a win-win solution for both ecological protection and economic development. It also provides more job opportunities and better social support for sustainable development of enterprises.

In summary, sustainable construction is important for coastal ecosystems and recreational use, and can achieve a win-win situation in terms of ecological protection and economic development, and sustainable economic development in coastal areas.

Sustainable construction promotes coastal ecosystems in terms of protecting ecosystems, restoring and rebuilding damaged ecosystems, enhancing ecosystem resilience, promoting biodiversity development and promoting ecotourism industries. It protects the ecosystem by adopting environmental protection, resource conservation and low-carbon design concepts, optimising the use of building structures and materials, and reducing environmental pollution and damage to the ecosystem; restores and rebuilds damaged ecosystems by building projects such as the coastal zone ecological restoration area and desalination and utilisation of seawater on outer beaches [1]; and takes full account of the adaptive capacity of the ecosystem by adopting ecological landscaping and natural greening in the construction process By strengthening the protection and maintenance of ecological diversity, it provides a safe, stable and sustainable growth environment for the development of biodiversity; by enhancing the competitiveness and development of the ecotourism industry, it promotes the development of the coastal economy, while enabling tourists to enjoy the beautiful natural environment and increasing their awareness of environmental protection. The promotion of sustainable construction contributes to the restoration, protection and sustainable development of coastal ecosystems, while providing a better ecological environment for human beings.

The contribution of sustainable construction to recreational and leisure facilities is manifested in two main ways. Firstly, sustainable construction emphasises the use of low-energy and environmentally friendly facilities and materials, and takes into account the reduction of energy waste in design and planning. For example, to reduce energy consumption, swimming pools can use better insulation, use proper side exhaust and transparent materials to maximise the use of solar energy, and use low-energy lighting systems to reduce energy use. In addition, the use of recycled and reclaimed materials is also an approach to sustainable construction, such as the use of biodegradable materials or reclaimed wood to reduce damage to nature and thus extend the life of recreational facilities.

Secondly, sustainable construction focuses on preserving the natural environment and biodiversity to enhance the visitor experience. For example, nature reserves can be built to conserve internal ecosystems and preserve the natural landscape and biodiversity that existed at the time of construction. Recreational and leisure facilities can be designed through natural landscaping to provide visitors with a tourism experience close to nature, and to promote awareness and appreciation of ecological conservation. Sustainable construction can also enhance the quality and visitor experience of the recreation and leisure facility area, providing a unique, fun-filled tourism experience that will increase visitor satisfaction and loyalty and provide long-term security for the development of the recreation and leisure industry. In summary, sustainable construction promotes recreational facilities in a way that reduces environmental damage and enhances the visitor experience, while laying a solid foundation for the sustainable development of the recreation and leisure industry [2].

Sustainable waterfront landscaping is important for coastal ecosystems and recreational use. In sustainable waterfront landscape construction, the focus is on protecting and restoring the water ecosystem, using environmentally friendly design concepts and energy conservation means to minimise damage to the natural environment and achieve sustainable development of the coastal ecosystem. At the same time, sustainable waterfront landscapes can also provide waterfront leisure and recreational facilities, increasing the tourism industry and return on investment in coastal areas [3]. Sustainable waterfront landscaping is therefore essential for the dual value of coastal ecosystems and recreational use.

Government policies and industry stakeholder cooperation are needed to achieve sustainable construction. Government should develop sustainable development plans and policies, provide the necessary support for waterfront landscape construction, and regulate and supervise businesses and developers to implement environmental protection, energy conservation, resource saving and ecological protection measures. Industry stakeholders also need to recognise the value of sustainable construction for long-term business development and adopt sustainable design approaches and sound management practices. In addition, public awareness and support for sustainable construction needs to be strengthened to create a favourable social climate and public opinion environment. Only policy guidance and good cooperation can effectively contribute to the realisation of sustainable waterfront landscaping and provide a reliable guarantee for the conservation of coastal ecosystems and recreational and leisure use.

Reference

1. Theodora Y., Spanogianni E. Assessing coastal urban sprawl in the Athens’ southern waterfront for reaching sustainability and resilience objectives // Ocean & Coastal Management. 2022. Vol. 222. P. 106090. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106090
2. Vallega A. Urban waterfront facing integrated coastal management // Ocean & Coastal Management. 2001. Vol. 44, iss. 5-6. P. 379–410. https://doi.org/10.1016/S0964-5691(01)00056-4
3. Cao H., Wang M. Su S., Kang M. Explicit quantification of coastal cultural ecosystem services: A novel approach based on the content and sentimental analysis of social media // Ecological Indicators. 2022. Vol. 137. Art. no. 108756 (11 p.). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108756

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

ДИССИМИЛЯЦИОННАЯ ТИОСУЛЬФАТРЕДУКЦИЯ У БЕСЦВЕТНЫХ СЕРОБАКТЕРИЙ THIOTHRIX LITORALIS AS, THIOTHRIX UNZII A1, THIOTHRIX NIVEA JP2

Алёмова А. С.[1]**, Москвитина М. И.** [1]**, Руденко Т. С.** [1]**, Грабович М. Ю.** [1]

[1]Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Ключевые слова: тиосульфатредуктаза, тиосульфатное дыхание, род Thiothrix.

Представители нитчатых грамотрицательных сероокисляющих бактерий рода *Thiothrix* способны к литотрофному росту в присутствии тиосульфата, как донора электронов, при участии разветвленной Sox-системы с образованием элементной серы и сульфатов. Ранее для представителей рода *Thiothrix* способность к анаэробному дыханию на тиосульфате, как акцептора электронов, не была показана, хотя развитие этих бактерий в сероводородных биотопах, где постоянно меняется аэробный режим на анаэробный, предполагает такую возможность. Анализ генома показал у представителей рода *Thiothrix (T. fructosivorans QT, T. caldifontis G1*^{T}*, T. lacustris BL*^{T}*, T. litoralis AS*^{T}*, T. nivea JP2*^{T}*, T. unzii A1*^{T}*, T. subterranea Ku-5*^{T}*, T. winogradskyi CT3* ^{T}*, MAG of Thiothrix sp. 207, 'Ca. Thiothrix anitrata' A52, 'Ca. Thiothrix sulfatifontis' KT и 'Ca. Thiothrix moscovensis' RT)* наличие генов, кодирующих три субъединицы тиосульфатредуктазы *(phsA, phsB, phsC)* – основного фермента, осуществляющего анаэробное восстановление тиосульфата, как конечного акцептора электронов [1].

Для верификации геномных данных был проведен ряд последовательных пассажей 3 представителей рода *Thiothrix*, находящихся в разных филогенетических кластерах (*T. litoralis* AS^T, *T. unzii* A1^T, *T. nivea* JP2^T), в анаэробных условиях с лактатом в качестве донора электронов, и тиосульфата в качестве терминального акцептора электронов. Было проведено измерение общего белка в четырехдневной культуре в конце экспоненциальной фазы роста. Результаты исследования показали, что средний прирост белка у этих бактерий составляет 14 мг/л.

Методом йодометрического титрования была показана динамика восстановления тиосульфата и образование сульфита и сульфида, как основных продуктов восстановления тиосульфата, что подтверждает работу фермента [3,4].

В ходе работы также была изучена экспрессия генов, кодирующих тиосульфатредуктазу [2]. В результате было показано, что при анаэробном культивировании экспрессия генов phsA, phsB, phsC у *T. litoralis* AS^T увеличивается в 15 раз по сравнению с аэробным культивированием. У *T. unzii* A1^T экспрессия гена в I пассаже возрастает в 12 раз по сравнению с аэробным культивированием, а во II пассаже наблюдается многократное увеличение экспрессии гена. У *T. nivea* JP2^T уровень экспрессии гена триосульфатредуктазы увеличивается в среднем в 6 раз. Это соотносится с данными йодометрического титрования и подтверждает способность бактерий рода *Thiothrix* к анаэробному дыханию на тиосульфате.

С помощью биохимических и молекулярных методов впервые для представителей рода *Thiothrix* была показана способность к анаэробному росту на тиосульфате в качестве терминального акцептора электронов. Это имеет большое экологическое значение. В сероводородных биотопах, где устанавливаются динамические градиенты молекулярного кислорода и сероводорода и где всегда присутствует химически образованный тиосульфат, представители рода *Thiothrix* способны выживать в анаэробных условиях, используя последний в качестве терминального акцептора электронов.

Список литературы

1. Aketagawa J., Kobayashi K., Ishimoto M. Purification and properties of thiosulfate reductase from *Desulfovibrio vulgaris* // Journal of Biochemistry. 1985. Vol. 97, iss. 4. P. 1025–1032. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a135144
2. Haschke R. H., Campbell L. L. Thiosulfate reductase of *Desulfovibrio vulgaris*. // Journal of Bacteriology. 1971. Vol. 106, no. 2. P. 603–607. https://doi.org/10.1128/jb.106.2.603-607.1971
3. Rudenko T. S., Orlova M. V., Slepchenko A. V., Shatskiy N. D., Smoliakov D. D., Grabovich M. Y. Метилотрофия у *Azospirillum thiophilum* BV-S. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. Т. 18, № 3. Р. 438–442. https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2018.18/549
4. Chauncey T. R., Uhteg L. C., Westley J. Thiosulfate reductase // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 143. P. 350–354. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)43062-0

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ДВУХ ПОДВИДОВ РУССКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER GUELDENSTAEDTII*) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ

Алимова А. Ш.[1,2], Небесихина Н. А.[1] Гайдамаченко В. Н.[1,3]

[1] Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
[2]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
[3] Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии
им. Д. И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: русский осетр, полиморфизм, мтДНК, STR-локус, мт-гаплотип.

Русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii*) – представитель семейства осетровых (Acipenseridae), обитающий на территории Понто-Каспийского бассейна. Вследствие гидротехнического зарегулирования и активного браконьерского лова в конце 20 века естественные популяции русского осетра оказались под угрозой полного исчезновения [1].

Материалом исследования служили 340 особей русского осетра, из которых 189 относились к азовскому подвиду (PopA), а 151 к черноморскому (PopB). Оценка и сравнение генетической гетерогенности двух популяций осуществлялось при помощи анализа участка контрольного региона мтДНК (D-loop) и полиморфизма пяти микросателлитных локусов ядерной ДНК [2].

В ходе исследования общей выборки было выявлено 43 мт-гаплотипов (21 мт-гаплотип в PopA и 36 мт-гаплотипов в PopB). Общими для двух выборок оказались 14 гаплотипов. Количество вариабельных (полиморфных) сайтов участка D-loop составило 71 п.н. (PopA) и 91 п.н. (PopB) (10,27 и 13,7 % соответственно). Среди них число информативных для парсимонии – 33 (PopA) и 67 (PopB) от общего числа позиций. Гаплотическое разнообразие (H) двух выборок характеризовалось высокими значениями (1±0,007). Показатель нуклеотидного разнообразия (π) находился в умеренных пределах, однако в PopB оказался незначительно выше, чем в PopA (0,02575 >0,02215).

На основании данных по пяти STR-локусам в общей выборке было выявлено 68 аллелей. Отмечено незначительное преобладание показателей ожидаемой гетерозиготности (He) над наблюдаемой (Ho) в локусе Afug51 выборки PopA (0,889<0,997) и в локусе An20 выборки PopB (0,893<0,963). По уровню полных и «слабых» гетерозигот заметно выделяются два локуса в выборке PopB - Afug51 (9,9 и 17,2 %) и AoxD165 (18,5 и 19,2 %).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об относительно высоком уровне генетического полиморфизма двух подвидов русского осетра.

Список литературы

1. Рубан Г. И., Ходоревская Г. И., Кошелев В.Н. О Состоянии Осетровых в России // Астраханский Вестник Экологического Образования. 2015. № 131. С. 42–50.
2. Тимошкина Н. Н., Водолажский Д. И., Усатов А. В. Молекулярно-генетические маркеры в исследовании внутри и межвидового полиморфизма осетровых рыб (Acipenseriformes) // Экологическая генетика. 2010. Т. 8, № 1. С. 12–24.

МИКРОСАТЕЛЛИТНЫЙ АНАЛИЗ СЕВРЮГИ (*ACIPENSER STELLATUS*) ЧЕРНОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Гайдамаченко В. Н.[1,2], Алимова А. Ш.[1,3], Небесихина Н. А.[1]

[1]Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, г. Ростов-на-Дону
[3]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: севрюга, STR-анализ, микросателлитные маркеры, популяция.

Севрюга *Acipenser stellatus* Pallas, 1771 внесена в красный список МСОП и СИТЕС. Ареалом ее обитания является Понто-Каспийский бассейн. В современный период пополнение численности этого вида формируется преимущественно за счет искусственного воспроизводства. Целью данной работы является анализ генетического разнообразия севрюги на основе микросателлитных маркеров.

Материалом исследования служили образцы плавниковой каймы севрюги (67 экз.), отобранные в бассейне Черного моря в период с 2003 по 2022 гг. Для анализа использовались пять полиморфных локусов (AoxD161, AoxD165, An20, Afug51, Afug41) [1]. Статистическую обработку полученного материала проводили в GenAlex (v 6.5) [2] и Structure (v 2.3.4) [3].

Анализ данных показал, что в выборке выявлено 66 аллелей. Количество эффективных аллелей – 5,301±1,243. Информационный индекс Шеннона составляет 1,873±0,207. Наблюдаемая гетерозиготность 0,695±0,067, ожидаемая гетерозиготность в выборке составляет 0,748±0,074. Индекс фиксации 0,069±0,012. Наименьшее генетическое разнообразие наблюдается в локусе AoxD161, поскольку количество аллелей на локус равно 10, что свидетельствует об утрате генетического разнообразия.

По результатам Structure Harvester [4] выборка черноморской севрюги делится на 3 популяции – Дунайскую, Днепровскую и Кавказскую. Из них две относятся к северо-западной части Черного моря.

По итогам микросателлитного анализа можно сделать вывод, что выборка разделилась на три популяции, что свидетельствует о сохранении генетического полиморфизма этих популяций.

Список литературы

1. Барминцева А. Е., Мюге Н. С. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. 2013. Т. 49, № 9. Р. 1093–1105.

2. Smouse P. E., Banks S. C., Peakall R. Converting quadratic entropy to diversity: Both animals and alleles are diverse, but some are more diverse than others // PLoS ONE. 2017. Vol. 12, no. 10. Art. no. e0185499 (19 p.). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185499

3. Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data // Genetics. 2000. Vol. 155, iss. 2. P. 945–959. https://doi.org/10.1093/genetics/155.2.945

4. Earl D. A., VonHoldt B. M. Structure Harvester: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method // Conservation Genetics Resources. 2012. Vol. 4. P. 359–361. https://doi.org/10.1007/s12686-011-9548-7

ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОВ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ (ПОДВИДОВ) ПЧЕЛ *APIS CERANA* РОССИИ, КОРЕИ, ВЬЕТНАМА НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ СЕКВЕНИРОВАНИЯ ЭКЗОНОВ ГЕНА VG

Кинзикеев А. К., Гайфуллина Л. Р., Салтыкова Е. С.

ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, г. Уфа

Ключевые слова: китайская восковая пчела, азиатская пчела, популяции, полиморфизм, Корея, Вьетнам, Дальний Восток, вителлогенин.

Цель нашего исследования изучить эволюцию генов и таксономические взаимоотношения популяций (подвидов) пчел *Apis cerana* Fabr. России, Кореи и Вьетнама. Подвиды *A. cerana*, обитающие в южных и северных регионах Азии представляют большой интерес по изучению локальных адаптаций. Результаты данного исследования смогут быть применены в решении прикладных аспектов сельского хозяйства.

Были получены 3 экзона гена VG:

VG3 – длиной 649 п.н., 4 точки полиморфизма.

VG4 – длиной 861 п.н., 23 точки полиморфизма.

VG5 – длиной 1209 п.н., 16 точек полиморфизма.

В 3-м экзоне нет аминокислотных замен.

В 4-м экзоне в положении 639 у всех популяций есть замена глицина на серин и наоборот. В положении 739 метионин (неполярная) и треонин (полярная), у популяций пчёл Вьетнама в положении 666 встречается лизин (положительно заряженная), заменяющий глутаминовую кислоту (отрицательно заряженная), в положении 682 глицин и серин, в положении 678 изолейцин (неполярная) и треонин (полярная).

В 5-м экзоне в положении 1301 у всех популяций, кроме Вьетнама, встречается валин, заменяющий глицин, и аспаргин (полярная), заменяющий изолейцин (неполярная) в положении 1304, а в положении 1312 замена гистидина (положительно заряженная), и глутамина (незаряженная). В положении 1100 замена глутаминовой кислоты (отрицательно заряженная), и глутамина (незаряженная). У всех популяций, кроме Кореи, в положении 1090 замена аспаргина (незаряженная) и лизина (положительно заряженная). В популяциях Вьетнама в положении 1051 встречается пролин (незаряженная), заменяющий гистидин (положительно заряженная).

Структура белка VG, полученная с помощью программы Swiss-model, не изменилась при включении в стандартную последовательность из аминокислотных замен GenBank.

5 замен были обнаружены в положениях, соответствующих домену α-helical у *A.melifera* Linnaeus, 1758, который распознает, патогенны и сильно положительно заряжен. Это может говорить об изменении его заряда и различиях в распознавании патогенов при иммунном ответе. 3 аминокислотные замены были обнаружены в положениях, соответствующих домену с неизвестной функцией у *A.melifera*.

Построенные филогенетические деревья не показали, что полиморфизм гена VG не связан с географическим расселением популяций *A.cerana* в Южной Корее, Вьетнаме и Дальнем Востоке России.

ВЫЯВЛЕНИЕ КОРОНАВИРУСОВ В *ERINACEUS ROUMANICUS*, ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Лукина-Гронская А. В.[1], Корнеенко Е. В.[1], Сонец И. В.[1], Пенкин Л. Н.[1], Синькова М. А.[3], Литвинова Е. М.[2], Сперанская А. С.[1]

[1]ФБУН Научно-исследовательский институт системной биологии и медицины Роспотребнадзора, г. Москва
[2]Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва
[3]Зоологический музей Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, г. Москва

Ключевые слова: коронавирус, бетакорановирус, *Erinaceus roumanicus*, *Erinaceus europaeus*, *Betacoronavirus Erinaceus.*

У многих млекопитающих, в том числе у ежей, обитающих на территории Европы и Китая, были найдены вирусы семейства *Coronaviridae*, в частности бетакоронавирусы. Впервые в 2014 году в *Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758 были найдены бетакоронавирусы и названы EriCoVs, которые продемонстрировали отдаленную филогенетическую связь с MERS-CoV [1]. Тем временем, в Китае у *Erinaceus amurensis* Schrenk, 1858 был найден отдаленно похожий коронавирус, впоследствии выделенный в отдельную эволюционную ветвь [2]. На территории европейской части России наиболее распространены ежи *Erinaceus roumanicus* Barret-Hamilton, 1900, а также гибриды *E.roumanicus* и *E.europaeus*, однако данных о наличии у них коронавирусов нет.

Было исследовано 19 образцов фекалий и мазков из ротовой полости ежей, обитающих на территории Краснодарского края, а также Калужской, Белгородской, Оренбургской и Московской областей. Высокопроизводительное секвенирование тотальной РНК было произведено на платформе BGI DNBSEQ-G400. Сборка геномов осуществлялась с помощью SPAdes в режиме работы «meta», таксономическая классификация контигов проводилась с помощью «kraken2» и базы «pluspf», «CAT» и его собственной базы, а также «blastn».

В результате секвенирования 19 образцов ежей у двух из них (МО, Одинцово и Краснодарский край) был найден коронавирус, имеющий сходство с *Betacoronavirus Erinaceus*, который в свою очередь относится к кладе EriCoVs. Полученные данные указывают на то, что ежи, обитающие на территории РФ, могут являться носителями бетакоронавирусов. В дальнейшем предстоит установить, принадлежат ли выявленные на территории России бетакоронавирусы той же кладе, что и европейские.

Работа выполнена на базе НИИ СБМ Роспотребнадзора в рамках госзадания «Разработка алгоритмов для выявления новых, уникальных последовательностей ДНК или РНК в метагеномах и их фенотипическая характеристика in vitro», номер 12203090069-4.

Список литературы

1. Corman V., Kallies R., Philipps H., Gopner G., Muller M. A., Eckerle I., Brunink S., Drosten Ch., Drexler Ja. F. Characterization of a novel betacoronavirus related to middle east respiratory syndrome coronavirus in european hedgehogs // Journal of Virology. 2014. Vol. 88, no. 1. P. 717–724. https://doi.org/10.1128/jvi.01600-13
2. Susanna K. P., Hayes K. H., Antonio C. P., Rachel Y. Y., Carol S. F., Kenneth S. M., Syed Shakeel Ahmed, Franklin W. N., Jian-Piao, Xun Zhu, Jasper F. W., Terrence C. K., Kaiyuan Cao, Mengfeng Li, Patrick C. Y., Kwok-Yung Yuen. Identification of a Novel Betacoronavirus (Merbecovirus) in Amur Hedgehogs from China // Viruses. 2019. Vol. 11, no. 11. Art. no. 980 (17 p.). https://doi.org/10.3390/v11110980

ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА РЕГИОНА ITS РДНК ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВ РОДА *GYRODACTYLUS*

Прохорова Д. А., Водясова Е. А., Дмитриева Е. В.

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

Ключевые слова: Gyrodactylus, вторичная структура, ITS, молекулярная таксономия.

Регион внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS1–5.8–ITS2) рДНК является одним из наиболее часто используемых генетических маркеров для филогенетического анализа плоских паразитических червей Monogenea Carus, 1863. Последовательность гена 5.8S высоко консервативна и используется для анализа подродов, а регионы ITS1 и ITS2 полиморфны в зависимости от видов. Несмотря на высокую вариабельность рДНК, все эукариоты имеют схожую вторичную структуру ITS2 – четыре спирали, третья из которых является самой длинной. Помимо подобия вторичных структур при видовой идентификации анализируются компенсаторные замены оснований (compensatory base changes, CBC) [1]. Наличие CBC при сравнении схожих последовательностей свидетельствует о принадлежности образцов к разным видам с вероятностью 0,93. Если CBC нет, то последовательности являются одним видом с вероятностью 0,76 [2]. В данной работе анализ вторичной структуры гена ITS2 рДНК был применен к изучению двух пар близкородственных видов рода *Gyrodactylus*: *G. alviga* Dmitrieva & Gerasev, 2000 и *G. pterygialis* Bychowsky & Polyansky, 1953, а также *G. sphinx* Dmitrieva & Gerasev, 2000 и *G. gerasevi* Dmitrieva, Sanna, Vodiasova, Prokhorova, Casu, Burreddu, Piras, Garippa & Merella, 2022.

Для вида *G. alviga* были получены последовательности 18S (частично)–ITS1–5.8S–

ITS2–28S (частично) рДНК с *Merlangius merlangus* L. (MZ411674, MZ411675 и MZ411676). Выявлены близкие генетические дистанции с видами *G. pterygialis* (AJ581657) и *G. marinus* Bychowsky & Polyansky, 1953 (GQ150537): 0,002 и 0,01 соответственно. Такие значения генетической изменчивости могут быть как межвидовыми, так и внутривидовыми, поэтому помимо анализа первичной структуры необходим дополнительный анализ рРНК и ее вторичной структуры. Моделирование вторичной структуры показало, что регион ITS1 у *G. alviga* и *G. pterygialis* идентичен, а *G. marinus* отличался них на 4 мутации, что привело к изменению пространственной структуры. В области ITS2 *G. alviga* и *G. pterygialis* обладали одной заменой и одной делецией, но несмотря на это – одинаковой структурой. *G. marinus* с 7 мутациями в этом регионе имела существенные различия в вершинной и внутренней петлях. Кроме этого, для видов *G. alviga* и *G. pterygialis* компенсаторные замены оснований не обнаружены, в то время как между *G. alviga*/*G. pterygialis* и *G. marinus* присутствовала полукомпенсаторная замена (A>G) в регионе ITS2 в положении 586 нуклеотида (нк). Полученные данные позволяют утверждать, что *G. alviga* является младшим синонимом вида *G. pterygialis*.

Обратная ситуация была показана для вида *G. gerasevi,* обитающего на собачках *Slaria pavo* Risso, 1810, *Aidablennius sphynx* Valenciennes, 1836, и *Salaria basilisca* Valenciennes, 1836 и *G. sphinx*, паразитирующего на *A. sphynx*. Морфологический анализ этих гиродактилюсов из Средиземного и Черного морей не выявил дивергенции. Были получены последовательности региона 18S (частично)–ITS1–5.8S–ITS2–28S (частично) рДНК со всех видов хозяев (MW013956–MW014033, OL703638, OL709356, MW020737, MW020738). Филогенетический анализ на основе полученных данных показал, что большая часть крымских особей образовывает обособленный кластер с уровнем генетической дивергенции в 1 %. Для гиродактилид такая генетическая изменчивость позволяет говорить о самостоятельных видах. Анализ вторичных структур подтвердил существование двух видов. Пространственная структура всех регионов схожа или полностью идентична, как в случае 5.8S, но, в отличие от предыдущего примера, в регионе ITS1 одна из 5 мутаций в положении 160 нк является полукомпенсаторной заменой (A>G), а регион ITS2 имеет 9 мутаций, 2 из которых (747 и 970 нк) полукомпенсаторные (A>G, C>T). Таким образом, CBC анализ подтвердил существование двух криптических видов *G. sphinx* и *G. gerasevi*.

Проведенные исследования подтверждают, что анализ вторичной структуры региона ITS и поиск компенсаторных замен в спиралях ITS2 близкородственных организмов являются дополнительным подходом для определения видовой принадлежности в случаях не до конца разрешенной молекулярной таксономии.

Работа выполнена в рамках госзадания темы № 121030100028-0 ФИЦ ИнБЮМ на базе Научно-образовательного центра коллективного пользования «Филогеномика и транскриптомика».

Список литературы

1. Coleman A. W. Is there a molecular key to the level of "biological spec in eukaryotes? A DNA guide // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2009. Vol 50, iss. 1. P. 197–203. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.10.008

2. Wolf M., Chen S., Song J., Ankenbrand M., Muller T. Compensatory Base Changes in ITS2 Secondary Structures Correlate with the Biological Species Concept Despite Intragenomic Variability in ITS2 Sequences – A Proof of Concept // PLoS ONE. 2013. Vol. 8, iss. 6. Art. no. e66726 (5 p.). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066726

ГЛУТАТИОН S-ТРАНСФЕРАЗЫ В BIVALVIA: ИХ ЭКСПРЕССИЯ И ТКАНЕСПЕЦИФИЧНОСТЬ

Уппе В. А.[1]**, Мегер Я. В.**[2]**, Челебиева Э. С.**[1]**, Водясова Е. А.**[1]

[1] ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь
[2] Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Ключевые слова: GST, Mytillus galloprovincialis, Crassostrea gigas, экспрессии генов.

Глутатион S-трансфераза (GST) – один из основных ферментов антиоксидантного комплекса и метаболизма ксенобиотиков. В зависимости от расположения в клетке глутатионтрансферазы включают в себя 3 основных семейства: цитозольные, митохондриальные и микросомальные. Для цитозольного семейства выделяют классы, экспрессия которых зависит от типа стрессового воздействия (гипоксия, заражение патогенами, воздействие тяжелых металлов и др.). Являясь организмами-фильтраторами, двустворчатые моллюски мгновенно реагируют на загрязнение окружающей среды, что делает их удобным объектом для исследования GST. Кроме этого, такие виды как *Mytilus galloprovincialis* (средиземноморская мидия) и *Crassostrea gigas* (тихоокеанская устрица) активно используются в аквакультуре и понимание генетических механизмов адаптации к условиям внешней среды крайне важно для успешного культивирования моллюсков. Однако, исследования генов, кодирующих глутатионтрансферазу у данных моллюсков, ограничены. Целью настоящего исследования было изучение представленности GST генов и их относительной экспрессии в разных тканях у *M. galloprovincialis* и *C. gigas*.

Оценка экспрессии GST проводилась методом ОТ-ПЦР для нескольких тканей *M. galloprovincialis* (жабры, нога, мантия, гепатопанкриас) и *C. gigas* (жабры, мантия, гепатопанкриас). Впервые была отмечена тканеспецифичность экспрессии генов, кодирующих все классы глутатион S-трансфераз. Так для *M. galloprovincialis* было показано, что наибольшую относительную экспрессию для большинства классов GST наблюдали в жабрах и гепатопанкреасе, что объясняется функциональностью данных тканей. Изоформа GSTs1 (sigma класс) одинаково экспрессировалась во всех тканях. Вероятно, экспрессия данного гена поддерживается на постоянном уровне во всех тканях, что обеспечивает постоянный вывод продуктов метаболизма по глутатионовому пути. Для генов GSTp (pi класс) и GSTmu (mu класс) наиболее высокая экспрессия была в гепатопанкреасе, в то время как для GSTk (kappa класс) – в жабрах. В отличие от мидии, у устрицы повышенная экспрессия GST в основном наблюдалась в гепатопанкреасе, а экспрессия в жабрах была на уровне с мантией.

Таким образом, показана тканевая специфичность экспрессии генов различных классов для двух видов двухстворчатых моллюсков *M. galloprovincialis* и *C. gigas*. Наблюдаемые различия в паттернах экспрессии могут обуславливать различную устойчивость моллюсков к стрессовым воздействиям.

Работа выполнена в рамках госздания темы № 121030100028-0 Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского на базе Научно-образовательного ценра коллективного пользования «Филогеномика и транскриптомика».

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОНОГЕНЕЙ СЕМЕЙСТВА HEXABOTHRIIDAE НА ОСНОВЕ ГЕНА 18S рДНК

Халаимова А. В.[1], Водясова Е. А.[1], Во Тхи Ха[2], Дмитриева Е. В.[1]

[1]ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь
[2]Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Нячанг

Ключевые слова: моногенеи, Hexabothriidae, таксономия, 18S рДНК, филогенетическое дерево, хрящевые рыбы, Вьетнам.

Семейство Hexabothriidae Price, 1942 sensu (Boeger & Kritsky, 1989) (Monogenea, Platyhelminthes) – насчитывает 68 видов из 18 родов, паразитирующих на жабрах хрящевых рыб. У ската *Maculabatis macrura* (Bleeker, 1852) обследованного в заливе Нячанг у побережья Вьетнама в 2019 г., зарегистрированы представители этого семейства. Это первая находка моногеней у этой рыбы. Таксономическая идентификация найденных гексаботриид проводилась с использованием как морфологических, так и молекулярно-генетических методов.

На основе набора морфологических признаков, используемых для определения родов семейства *Hexabothriidae*, обнаруженный нами вид дифференцируется от 9 известных родов, так как имеет симметричный прикрепительный диск и дифференцированную вагину. Таким образом, найденные нами гексаботрииды могут принадлежать к оставшимся 9 родам. Они имеют диск с разными по размеру присосками, чем схожи с видами рода *Dasyonchocotyle* (Hargis, 1955), но отличаются от него расположением присосок и невооруженным циррусом. По строению половой системы эти моногенеи близки к *Erpocotyle* и *Narcinecotyle* , но отличаются от представителей этих родов разноразмерными присосками. Дальнейшее исследование проводились с использованием гена 18S рДНК, так как он является высококонсервативным внутривидовым геном и часто используемым маркером для идентификации таксонов моногеней (внутривидовое сходство близко к 100%). Выделение ДНК проводилось из целого организма с использованием набора «ДНК-ЭКСТРАН-2» (Синтол, Россия), для амплификации фрагмента 18S рДНК были взяты праймеры F (5’-GCGAATGGCTCATTAAATCAG-3’) и R (5’- CCTATTCCATTATTCCATGC-3’). Филогенетический анализ выполнен для всех доступных в GenBank нуклеотидных последовательностей гексаботриид (MN447332.1, MN447331.1, MN447330.1, MH724313.1, MG591251.1, MT890106.1, AJ228791.1) в MEGA 11: выравнивание проведено с помощью алгоритма Muscle, филогенетическое дерево построено методом ближайшего соседа (NJ).

В результате исследуемые нами моногенеи вошли в один кластер с двумя родами гексаботриид – *Dasyonchocotyle* и *Narcinecotyle* со статистической поддержкой 76% и 93%, соответственно. При этом генетическая дистанция от второго рода составила 0,03. Такая разница по высококонсервативному гену 18S, а также морфологические различия указывают на принадлежность гексаботриид от ската *M. macrura* из Южно-Китайского моря около побережья Вьетнама к новому роду.

Исследование поддержано темой госзадания ФИЦ ИнБЮМ № 121030100028-0 и темой Совместного Российско-Вьетнамского Тропцентра «Эколан Э-3.1». Секвенирование проводилось на оборудовании ЦКП «Филогеномика и Транскриптомика» (ФИЦ ИнБЮМ).

Научное электронное издание

Понт Эвксинский – 2023

Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем, посвященной 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ, г. Севастополь, 9–14 октября 2023 г.

Верстка: Рычкова В. Н.

Обложка: Келип М.-Е. А.

ФИЦ ИнБЮМ
пр-кт Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ
Тел.: + 7 (8692) 54–41–10

ISBN 978-5-6048081-7-7