**МОНИТОРИНГ СОСТАВА ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ДОННЫХ ОСАДКАХ
АКВАТОРИЙ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ ВДОЛЬ ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА**

Н.А. Андреева

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

E-mail: andreeva.54@list.ru

Проведены предварительные исследования культивируемых цианобактерий донных осадков в образцах, отобранных в ходе шести экспедиций на океанографических станциях прибрежной акватории Чёрного и Азовского морей, расположенных вдоль побережья Крыма в различные сезоны 2019-2020 гг. В составе бентосных сообществ в обоих случаях были обнаружены цианобактерии, принадлежащие к четырем порядкам: Synechococcales, Chroococcales, Oscillatoriales и Nostocales. Получены 40 накопительных культур.

Ключевые слова: экспедиции, Чёрное море, Азовское море, донные осадки, цианобактерии, накопительные культуры.

Поступила в редакцию: 20.01.2021.

Введение. К микрофитобентосу относятся фотосинтезирующие организмы, приспособленные к существованию в прикрепленном состоянии на дне водоемов и на разнообразных предметах, живых и мертвых организмах, находящихся в воде [1]. Наряду с типичными для данного места обитания диатомовыми водорослями здесь активно развиваются и цианобактерии. Представители отдела *Synechococcus* являются в этом отношении наименее изученными, в то время, как скорость ответа разнообразия данной группы на уровне сообщества в зависимости от изменения среды оказывается одной из самых высоких среди фотосинтезирующих организмов [2]. Следовательно, их распространение и биоразнообразие может служить хорошим индикатором состояния окружающей среды. Предполагается также, что цианобактерии в условиях климатического стресса являются более конкурентоспособными по сравнению с водорослями других отделов.

Считается, что распределение морских бентосных водорослей обусловлено главным образом температурным фактором [3]. У микрофитобентоса, кроме того, существует ещё ряд адаптации к длительному нахождению на глубине и низкой интенсивности освещения: низкий уровень метаболизма и незначительное снижение концентрации пигментов, а

также наличие растворенного органического вещества. В афотической бескислородной зоне литоральных осадков, где концентрация биогенных элементов повышена, бентосные микроводоросли способны переходить на гетеротрофное питание и активно развиваться. Многие авторы отмечают, что на структурно-функциональные параметры микрофитобентоса оказывают влияние различные океанологические факторы [4].

Микрофитобентос проявляет высокую степень пространственной неоднородности биомассы и видового состава. Эта пятнистость встречается в масштабе от микрометров до многих десятков метров. Существуют также схемы вертикального распределения в отложениях. Основным определяющим фактором для численности и биомассы микрофитобентоса является тип отложений [5]. Цианобактерии по сравнению с другими микроводорослями в этом плане более пластичны. Так, в лабораторных экспериментах установлено, что нитчатые цианобактерии *Microcoleus chthonoplastes* при 25°C преобладали во всех типах отложений [6].

Указывается [7], что вклад цианобактерий в формирование отложений до эволюции эукариотических водорослей и растений был исторически наиболее важным. Рост, движение и поведенческие реакции цианобактерий часто

определяют процесс отложения и формируют образовавшиеся осадочные структуры, а также вызывают изменения среды осаждения.

Различные виды цианобактерий обладают разнообразными адаптационными механизмами, определяющими успешное развитие их в тех или иных условиях окружающей среды (например, в глубоководных донных осадках). Некоторые формы, факультативно синтезирующие длинноволновые хлорофиллы, наиболее часто встречаются в нишах с дефицитом видимого света. Поглощение и использование дальнего красного света помогает этим цианобактериям частично компенсировать эффект затенения в таких местообитаниях [8]. Цвет их зависит от комбинации пигментов, и может быть красным, сине-зеленым, пурпурным, розовым, желтым, зеленым, коричневым или почти черным [9].

В литературе имеются немногочисленные сведения о распространении цианобактерий в морских донных осадках некоторых климатических зон. Так, в бентосе восточного района Финского залива (Балтийское море) было выявлено 67 видов цианопрокариот, представителей шести порядков: Nostocales (24 вида), Synechococcales (22 вида), Oscillatoriales (11 видов), Chroococcales (7 видов), Pleurocapsales (2 вида), Spirulinales (1 вид) [10].

В микрофитобентосе антарктических вод Аргентинского архипелага и Украинской антарктической станции «Академик Вернадский» (УАС) наряду с другими микроводорослями обнаружено четыре таксона Цианопрокarya: *Lyngbya aestuarii*, *Merismopedia glauca*, *Oscillatoria* sp. и *Spirulina* sp. [11].

В сообществах донных отложений Адриатического моря с использованием молекулярно-генетических методов было выявлено 13 родов цианобактерий [12]. Большинство из них, как указывают авторы, имели сходство с *Pleurocapsa* и *Xenococcus*, а некоторые были родственны представителям родов *Neolyngbya*, *Chroococcidiopsis*, *Trichodesmium* и др., встречающихся в тропических регионах.

В прибрежных районах вокруг Маврикия доминирующими среди бентиче-

ских цианобактерий были рода *Lyngbya*, *Leptolyngbya*, *Oscillatoria*, *Anabaena* и *Merismopedia*, которые способны производить вторичные метаболиты, имеющие как биомедицинские, так и токсикогенные свойства [13].

Бентосные цианобактерии обычно являются неотъемлемым компонентом экосистем коралловых рифов. Некоторые виды могут образовывать маты, состоящие из разнообразного микробного консорциума, что позволяет им существовать в широком диапазоне условий окружающей среды [14].

Исследование сообществ цианобактерий в донных отложениях эстуарной зоны устья реки Чжунцян в Китае показало, что они включают пять цианобактериальных кластеров: *Synechococcus*, *Cyanobium*, *Chroococcus*, *Prochlorales* и *Tolypothrix*. При этом *Synechococcus* был идентифицирован как доминирующий и способный к адаптации в широком диапазоне солености [15].

В бентосе крымского побережья Азовского моря выявлено 32 вида Цианопрокarya [16]. По данным автора, в численном отношении здесь доминируют цианобактерии *Phormidium laetevirens* и *Ph.nigroviride*, которые преобладали в отдельные сезоны в Керченском проливе и западном Сиваше.

В составе микроводорослей бентоса заповедника «Лебяжий острова», включая Каркинитский залив и Сары-Булатский лиман Чёрного моря было обнаружено 78 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, в том числе 6 представителей Цианопрокarya, причем только в Сары-Булатском лимане. Наиболее часто встречающимися видами были представители родов *Phormidium* и *Lyngbya*, а единично отмечались *Chamaecalyx swirenkoi*, *Merismopedia glauca* и *Spirulina tenuissima* [17].

В результате таксономической ревизии видового состава цианобактерий северо-западного Причерноморья в микрофитобентосе было обнаружено 27 видов из 10 родов, а в супралиторале российского Крымского побережья – 117 видов из 51 рода [18]. Наиболее распространенными, как считают авторы, были *Calothrix confervicola*, *C.fusca*,

C.scopulorum, *Lyngbya confervoides*, *L.semiplena*, *Oscillatoria corallinae*, *O.margaritifera*, *O.tenuis*, *Phormidium nigroviride*, *Spirulina meneghiniana* и *S.tenuissima*.

В бентосе акватории Казантипского заповедника выявлено 80 таксонов *Cyanoprocarota* [19].

Недавно полученные данные доказывают, что преобладающие определения сероводородной зоны Черного моря как «мертвой» или «азойной» в соответствии с научной литературой не являются правильными, потому что в первую очередь они игнорируют свободноживущие анаэробные организмы, и, во-вторых, они не принимают во внимание «скрытую жизнь» спор оксифобных организмов [20]. Авторы считают, что исследования бентосных фототрофов показывают перспективность этого направления в области глубоководной экологии и молисмологии (наука о борьбе с загрязнением Мирового океана) черноморского батияля. Они представляют научный интерес и практическое значение в связи со значительным усилением антропогенного воздействия на сообщества черноморского батияля, например, во время строительства трансграничного, трансконтинентального и национального

газового трубопровода, нефтепровода, коммуникаций, а также геологоразведочных работ.

Цель работы – изучение разнообразия культивируемых цианобактерий донных осадков крымского побережья акваторий Чёрного и Азовского морей, отобранных на различной глубине и получение накопительных культур исследуемых микроорганизмов с последующим выделением штаммов для пополнения существующей коллекции.

Материалы и методы. В работе были использованы результаты шести экспедиций на научно-исследовательском судне «Профессор Водяницкий», проведенных вдоль крымского побережья Чёрного и Азовского морей в различные сезоны 2019 и 2020 гг. Исследование состава цианобактерий морских грунтов на обозначенных станциях (рис. 1) проводилось в лабораторных условиях. С этой целью по 0,5 г пробы грунта вносили в пробирки с 10 мл жидкой модифицированной среды Громова № 6, которая является универсальной средой для культивирования водорослей [21]. Инкубирование образцов осуществлялось в течение 30–120 суток при искусственном освещении и комнатной температуре в светостате.

Рис. 1. Схема основных станций отбора проб донных осадков в Черном и Азовском морях, где были обнаружены цианобактерии

Fig. 1. Scheme of the main stations for sampling bottom sediments in the Black and Azov Seas, where cyanobacteria were found

Изучение морфологии микроводорослей и фотографирование культур проводилось на прижизненных препаратах с использованием биологического микроскопа Levenhuk 740T при увеличении $\times 400$. Обработка полученных изображений осуществлялась в программе Adobe Photoshop CS3 Extended. Таксономическую принадлежность микроводорослей устанавливали при помощи определителей [22–24].

Результаты и обсуждения. В течение всего периода исследований в 2019–2020 гг. было проанализировано 113 образцов донных осадков, отобранных на 70 гидрологических станциях в Черном море и 38 образцов, взятых на 19 станциях Азовского моря.

Развитие культивируемых форм цианобактерий отмечено в 65 черноморских образцах из 54 станций и во всех пробах в Азовском море. Все черноморские образцы, в зависимости от глубины, были условно разделены на четыре группы: I – верхний перемешанный слой (до 25 м), II

– эвфотическая зона (25–100 м), III – глубоководная зона (100–1000 м) и IV – зона свала глубин (1000–2200 м). Глубина Азовского моря на различных станциях колебалась от 7 до 14 м, что полностью соответствовала зоне I черноморского региона.

В бентосе черноморского региона были обнаружены представители 11 родов цианобактерий, принадлежащих к четырем порядкам: Synechococcales (*Synechococcus*, *Aphanocapsa*, *Merismopedia*, *Leptolyngbya*), Chroococcales (*Microcystis*, *Chroococcus*), Oscillatoriales (в том числе *Spirulina*) и Nostocales (*Anabaena*, *Nostoc*, *Scytonema*). Наиболее распространенными в донных осадках черноморского побережья Крыма являлись представители рода *Microcystis* – их встречаемость в весенний период 2019 г. и в летний 2020 г. на исследуемых станциях составляла 86%. В осенне-зимний период встречаемость данных цианобактерий была значительно ниже (табл. 1).

Таблица 1. Встречаемость различных представителей цианобактерий в донных осадках Чёрного моря

Представители цианобактерий	Экспедиции. Дата. Встречаемость, %				
	106 18.04.19– 13.05.19	110 04.10.19– 23.10.19	111 06.12.19– 30.12.19	113 04.06.20– 27.06.20	114 15.09.20– 10.10.20
<i>Synechococcus</i>	29	22	20	5	17
<i>Microcystis</i>	86	78	30	86	57
<i>Aphanocapsa</i>	14	56	40	–	13
<i>Chroococcus</i>	–	–	–	–	9
<i>Merismopedia</i>	–	–	20	–	–
<i>Leptolyngbya</i>	–	–	–	–	17
<i>Spirulina</i>	14	–	–	10	17
Др. Oscillatoriales	57	22	–	38	17
<i>Anabaena</i>	–	–	40	–	–
<i>Nostoc</i>	–	–	20	5	–
<i>Scytonema</i>	–	–	–	–	4

В образцах из зоны свала глубин (1000–2200 м) рост цианобактерий на питательной среде отсутствовал. Как видно из таблицы, вторыми по распространенности в донных осадках были *Synechococcus*, *Aphanocapsa* и осцилляториевые цианобактерии но их встречаемость в образцах не превышала 29, 56 и 57% соответственно, причем

Aphanocapsa не обнаруживалась летом 2020 г., а представители Oscillatoriales – зимой 2019 г. Среди осцилляториевых в теплый период в донных осадках часто присутствовала *Spirulina*. Представители остальных родов выявлялись при культивировании образцов периодически.

Полученные результаты показали, что максимальное количество культиви-

руемых форм цианобактерий в донных осадках Черного моря в течение всего периода исследований было выявлено в эвфотической зоне, а наименьшее – в зоне 100–1000 м (рис. 2). На этой глубине широко распространены разнооб-

разные цианобактерии из родов *Microcystis*, *Synechococcus*, *Aphanocapsa*, осцилляториевые формы и гетероцистные цианобактерии, относящиеся к родам *Anabaena* и *Nostoc*.

Рис. 2. Количество форм цианобактерий, обнаруженных в донных осадках трех зон Черного моря

1 – эксп.106 (18.04.19–13.05.19); 2 – эксп.110 (04.10.19–23.10.19); 3 – эксп.111 (06.12.19–30.12.19); 4 – эксп.113 (04.06.20–27.06.20); 5 – эксп.114 (15.09.20–10.10.20)
 ■ – I зона (до 25 м); ■ – II зона (25–100 м); ■ – III зона (100–1000 м)

Fig. 2. Number of cyanobacteria forms found in bottom sediments of three zones of the Black Sea
 1 – exp. 106 (04.18.19–05.13.19); 2 – exp. 110 (04.10.19–23.10.19); 3 – exp. 111 (06.12.19–30.12.19); 4 – exp. 113 (04.06.20–27.06.20); 5 – exp. 114 (15.09.20–10.10.20)
 ■ – I zone (up to 25 m); ■ – II zone (25–100 m); ■ – III zone (100–1000 m)

Среди этой группы, наряду с зелеными формами, часто встречались цианобактерии, имеющие насыщенную фиолетовую окраску, что могло быть следствием содержания большого количества в клетке фикобилинового пигмента фикоэритрина. Его максимум поглощения световой энергии 565 нм (зелёная область спектра). Именно зелёные лучи глубже всего проникают через толщу воды и поэтому при освещении зеленым светом преимущество имеют цианобактерии с преобладанием фикоэритрина [25].

На рис. 3 показаны представители культивируемых форм цианобактерий, встречающиеся в донных осадках черноморского побережья Крыма.

Исследование образцов грунта, отобранных в Азовском море с глубины 7–14 м показало (табл.2), что здесь, как и в черноморском регионе, на небольшой глубине активно развивались цианобактерии *Microcystis*, *Aphanocapsa* и осцилляториевые, в том числе *Spirulina*. Встречаемость *Microcystis* и *Oscillatoriales* в отдельных случаях составляла 100% (табл. 2).

Рис. 3. Цианобактерии донных осадков Черного моря

1 – *Synechococcus*; 2, 3 – *Microcystis*; 4 – *Aphanocapsa*; 5 – *Chroococcus*; 6 – *Merismopedia*; 7 – *Spirulina*; 8 – *Leptolyngbya*; 9, 10 – *Oscillatoriales*; 11 – *Anabaena*; 12 – *Nostoc*

Fig. 3. Cyanobacteria of the Black Sea bottom sediments

1 – *Synechococcus*; 2, 3 – *Microcystis*; 4 – *Aphanocapsa*; 5 – *Chroococcus*; 6 – *Merismopedia*; 7 – *Spirulina*; 8 – *Leptolyngbya*; 9, 10 – *Oscillatoriales*; 11 – *Anabaena*; 12 – *Nostoc*

Таблица 2. Встречаемость различных представителей цианобактерий в донных осадках Азовского моря

Представители цианобактерий	Экспедиции. Дата. Встречаемость, %					
	106 18.04.19– 13.05.19	108 24.07.19– 25.07.19	110 04.10.19– 23.10.19	111 06.12.19– 30.12.19	113 04.06.20– 27.06.20	114 15.09.20– 10.10.20
<i>Synechococcus</i>	–	–	14	–	–	20
<i>Rhabdoderma</i>	–	10	–	17	–	–
<i>Microcystis</i>	100	100	86	100	75	80
<i>Aphanocapsa</i>	29	40	71	67	–	60
<i>Chroococcus</i>	14	–	–	–	–	20
<i>Merismopedia</i>	–	10	–	–	13	–
<i>Leptolyngbya</i>	14	–	–	–	25	20
<i>Spirulina</i>	–	–	–	17	–	–
Др. <i>Oscillatoriales</i>	100	60	57	33	63	60
<i>Nostoc</i>	–	–	–	33	–	–

Synechococcus, *Rhabdoderma*, *Merismopedia*, *Leptolyngbya* и гетероцистные формы рода *Nostoc* встречались периодически. Следует отметить, что в донных осадках Черного моря род *Rhabdoderma* (порядок Chroococcales) не выявлен. В свою очередь в Азовском море не обнаружены рода *Anabaena* и *Scytonema*. В целом, в бентосе Азовского моря за весь период исследования нами было зарегистрировано 10 родов культивируемых цианобактерий.

Как отмечали участники, в период

проведения экспедиции 108, экологическая обстановка в Азовском море в июле была неблагоприятной: наблюдались заморные явления, а донные осадки были темными, мелкодисперсными с сильным запахом сероводорода. В процессе культивирования оказалось, что в образцах в этот период развивались только одноклеточные зелёные формы и цианобактерии.

Цианобактерии, обнаруженные в бентосе азовского региона, представлены на рис. 4.

Рис. 4. Цианобактерии донных осадков Азовского моря
1 – *Rhabdoderma*; 2, 3 – *Microcystis*; 4 – *Aphanocapsa*; 5 – *Chroococcus*; 6 – *Merismopedia*;
7 – *Leptolyngbya*; 8 – *Spirulina*; 9, 10, 11 – *Oscillatoriales*; 12 – *Nostoc*

Fig. 4. Cyanobacteria of the Azov Sea bottom sediments
1 – *Rhabdoderma*; 2, 3 – *Microcystis*; 4 – *Aphanocapsa*; 5 – *Chroococcus*; 6 – *Merismopedia*;
7 – *Leptolyngbya*; 8 – *Spirulina*; 9, 10, 11 – *Oscillatoriales*; 12 – *Nostoc*

В процессе работы из образцов грунта в настоящее время получено 40 накопительных культур, из которых после определённой процедуры очистки можно будет выделить альгологически чистые штаммы цианобактерий для пополнения существующей коллекции культур. Такие коллекции в настоящее время представляют особый интерес, так как цианобактерии, обитающие в самых экстремальных местообитаниях, обладают уникальными биохимическими и физиологическими свойствами, которые можно использовать в фармакологии для получения биологически активных субстанций, обладающих антибактериальными, противораковыми и другими свойствами. Кроме того, такие коллекции имеют огромное научное и прикладное значение, в качестве «банка» хранения генофонда организмов и как объекты для проведения различных лабораторных исследований [26].

Заключение. Таким образом, в результате лабораторного культивирования образцов донных осадков, отобранных в ходе шести экспедиций на океанографических станциях прибрежной акватории Чёрного и Азовского морей, расположенных вдоль побережья Крыма в

различные сезоны 2019-2020 гг., были получены предварительные результаты по распределению цианобактерий в бентосе этих регионов. Развитие культивируемых форм цианобактерий отмечено в 65 черноморских образцах на 54 станциях и во всех пробах из Азовского моря. В бентосе черноморского и азовского регионов были обнаружены представители 11 и 10 родов цианобактерий соответственно, принадлежащих к четырем порядкам: Synechococcales, Chroococcales, Oscillatoriales и Nostocales. Наиболее распространенными в донных осадках черноморского побережья Крыма являлись представители рода *Microcystis*, а в Азовском море – *Microcystis* и осцилляториевые. Максимальное количество культивируемых форм цианобактерий в донных осадках Черного моря в течение всего периода исследований было выявлено в эвфотической зоне, а наименьшее – в зоне 100–1000 м.

Получено 40 накопительных культур, из которых будут выделены новые штаммы цианобактерий.

Результаты исследований в дальнейшем могут быть использованы при проведении мониторинга экологического состояния прибрежных акваторий, а вы-

деленные штаммы цианобактерий также для генетических, биотехнологических, медицинских и других исследований.

Благодарности. Автор благодарит ведущего инженера ИПТС Еремеева Леонида Андреевича за предоставленные образцы и помощь при оформлении статьи.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера и антропогенного воздействия (регистрационный номер АААА-А19-119031490078-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бентосные водоросли // 2015. <https://studfiles.net/preview/1743728/page:4/> (дата обращения: 18.08.2020).
2. Баринаева С.С. Экологические группировки цианобактерий и макроклиматические факторы, влияющие на их распространение // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: материалы докладов II Междунар. науч. школы-конф., 16–21 сентября 2019 г., Сыктывкар, Россия. Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 9–12.
3. Камнев А.Н. Экологическая физиология водных фототрофных организмов. Часть 1. Водные окислительные фототрофы // Вопросы современной альгологии (Issues of modern algology) – algology.ru. 2013. № 1 (3). С. URL: <http://algology.ru/93>
4. Витченко Т.В. Структурно-продукционные характеристики морского микрофитобентоса литоральной зоны Восточного Мурмана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 19 с.
5. Underwood G.J.C. Microphytobenthos // Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition), 2001. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/microphytobenthos>.
6. Watermann F., Hillebrand H., Gerdes G. et al. Competition between benthic cyanobacteria and diatoms as influenced by different grain sizes and temperatures // Mar Ecol Prog Ser. 1999. Vol. 187. P. 77–87.
7. Golubic S., Seong-Joo L., Browne K.M. Cyanobacteria: Architects of Sedimentary Structures. In: Microbial Sediments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. P. 57–67. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-04036-2_8
8. Сенатская Е.В., Аверина С.Г., Пиневиц А.В. Новые представители цианобактерий с пигментами, поглощающими дальний красный свет // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: материалы докл. II Междунар. науч. школы-конф., 16–21 сентября 2019 г., Сыктывкар, Россия. Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 234–237.
9. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы / под ред. В.Д. Федорова, В.И. Капкова. М.: Изд-во ПИМ, 2006. 367 с.
10. Горин К.К., Белякова Р.Н. Предварительные данные о бентосных Cyanoprokaryota восточной части Финского залива Балтийского моря // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: материалы докл. II Междунар. науч. школы-конф., 16–21 сентября 2019 г., Сыктывкар, Россия. Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 112–115.
11. Рябушко Л.И. Состояние изученности микрофитобентоса Аргентинских островов Антарктики // Природная среда Антарктики: современное состояние изученности: материалы конф. Труды БГУ. 2016. Т. 11. Ч. 1. С. 337–350.
12. Kolda A., Ljubešić Z., Gavrilović A. et al. Metabarcoding Cyanobacteria in coastal waters and sediment in central and southern Adriatic Sea // Acta Bot. Croat. 2020. Vol. 79 (2). P. 157–169. DOI: 10.37427/botcro-2020-021
13. Soorojebally R., Bhagea R., Nadeem N., Bhoyroo V. Marine cyanobacteria from Mauritian waters // Phycology International. 2018. Vol. 1. № 57. P. 5–9.

14. Ford A.K., Bejarano S., Nugues M.M. et al. Reefs under Siege – the Rise, Putative Drivers, and Consequences of Benthic Cyanobacterial Mats // *Front. Mar. Sci.* 2018 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00018>
15. Sun F.-L., Wang Y.-S., Wu M.-L., Sun C.-C. Cyanobacterial community diversity in the sediments of the Pearl River Estuary in China // *Sci. Mar.* 2017. Vol. 81 (4). P. 477–485. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.04106.07A>
16. Бондаренко А.В. Микроводоросли бентоса крымского побережья Азовского моря: дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 2017. 237 с.
17. Балычева Д.С., Рябушко Л.И. Микроводоросли бентоса заповедника «Лебяжий острова» (Черное море) // *Заповедная наука*. 2017. Вып. 2 (Suppl. 2). С. 9–18. DOI: 10.24189/ncr.2017.027
18. Виноградова О.Н., Брянцева Ю.В. Таксономическая ревизия Cyanobacteria / Cyanoprokaryota черноморского побережья Украины // *Algologia*. 2017. Вып. 27(4). С. 436–457. DOI: 10.15407/alg27.04.436
19. Рябушко Л.И., Бондаренко А.В., Ли Р.И. Микроводоросли морских акваторий госзаказника «Бухта Казачья», Карадагского (Чёрное море) и Казантипского (Азовское море) заповедников Украины: материалы XIII з'їзду Українського ботан. товариства Львів, 19–23 вересня 2011 р. Львів, 2011. С. 321.
20. Zaitsev Y.P., Polikarpov G.G. Recently Discovered New Biospheric Pelocontour Function in the Black Sea Reductive Bathyal Zone // *J. Black Sea / Mediterranean Environment*. 2008. Vol. 14. P. 151–165.
21. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
22. Кондратьева Н.В. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Ч. 2. Клас Гормогонієві – Hormogoniophyceae: в кн. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1. Київ: Наукова думка, 1968. 523 с.
23. Кондратьева Н.В., Коваленко О.В., Приходькова Л.П. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Загальна характеристика синьозелених водоростей – Cyanophyta. Клас Хроококові – Chroococcophyta. Клас Хамесифонові – Chamaesiphonophyceae: в кн. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1. Київ: Наукова думка, 1984. 388 с.
24. Komárek J., Kaštovsky J., Mareš J., Johansen J.R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach // *Preslia*. 2014. № 86. P. 295–335.
25. Stomp M., Huisman J., de Jong F., et al. Adaptive divergence in pigment composition promotes phytoplankton biodiversity // *Nature*. 2004. Vol. 432. P. 104–107.
26. Impacts of Climate Change on the Occurrence of Harmful Algal Bloom // United States Environmental Protection Agency. 2013 / <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/climatehabs.pdf> (дата обращения: 19.10.2020).

MONITORING OF THE CYANOBACTERIA COMPOSITION IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE WATER AREA OF THE BLACK AND AZOV SEAS ALONG THE COAST OF CRIMEA

N.A. Andreeva

Institute of Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

Preliminary studies of cultivated cyanobacteria of bottom sediments in samples taken during six expeditions at oceanographic stations in the coastal waters of the Black and Azov Seas located along the coast of Crimea in different seasons of 2019–2020 were carried out. In the composition of benthic communities, Cyanobacteria belonging to four orders: *Synechococcales*, *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, and *Nostocales* were found in the composition of benthic communities in both cases. 40 batch cultures were obtained.

Keywords: expeditions, the Black Sea, the Azov Sea, bottom sediments, cyanobacteria, batch cultures.

REFERENCES

1. *Bentosnye vodorosli*. 2015. <https://studfiles.net/preview/1743728/page:4/> (data obrashhenija: 18.08.2020).
2. *Barinova S.S.* Jekologicheskie gruppirovki cianobakterij i makro-klimaticheskie faktory, vlija-jushhie na ih rasprostranenie. Cianoprokario-ty/cianobakterii: sistematika, jeko-logija, rasprostranenie: materialy dokladov II Mezhdunar. nauch. shkoly-konf., 16–21 sentjabrja 2019 g., Syk-tyvkar, Rossiya. Syktyvkar: IB FIC Komi NC UrO RAN, 2019. pp. 9–12.
3. *Kamnev A.N.* Jekologicheskaja fi-ziologija vodnyh fototrofnyh orga-nizmov. Chast' 1. Vodnye oksigennye fototrofy. *Voprosy sovremennoj al'gologii* (Issues of modern algology) – algology.ru. 2013. No 1 (3). S. URL: <http://algology.ru/93>
4. *Vitchenko T.V.* Strukturno-produkcionnye harakteristiki mor-skogo mikrofitobentosa litoral'noj zony Vostochnogo Murmana: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M., 2005. 19 p.
5. *Underwood G.J.C.* Microphyto-benthos. Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition), 2001. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/microphytobenthos>.
6. *Watermann F., Hillebrand H., Gerdes G. et al.* Competition between benthic cyanobacteria and diatoms as influenced by different grain sizes and temperatures. *Mar Ecol Prog Ser*. 1999. Vol. 187. pp. 77–87.
7. *Golubic S., Seong-Joo L., Browne K.M.* Cyanobacteria: Architects of Sedi-mentary Structures. In: *Microbial Sedi-ments*. Springer-Verlag Berlin Heidel-berg, 2000. pp. 57–67. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-04036-2_8
8. *Senatskaja E.V., Averina S.G., Pinevich A.V.* Novye predstaviteli cianobakterij s pigmentami, poglo-shhajushhimi dal'nij krasnyj svet. Cianoprokarioty/cianobakterii: siste-matika, jekologija, raspros-tranenie: materialy dokl. II Mezhdunar. nauch. shkoly-konf., 16–21 sentjabrja 2019 g., Syktyvkar, Rossi-ja. Syktyvkar: IB FIC Komi NC UrO RAN, 2019. pp. 234–237.
9. *Prakticheskaja gidrobiologija*. Presnovodnye jekosistemy / pod red. V.D. Fedorova, V.I. Kapko-va. M.: Izd-vo PIM, 2006. 367 p.
10. *Gorin K.K., Beljakova R.N.* Predvaritel'nye dannye o bentosnyh Cyanoprokaryota vostochnoj chasti Finskogo zaliva Baltijskogo morja. Cianoprokarioty/cianobakterii: si-stematika, jekologija, raspros-tranenie: materialy dokl. II Mezhdunar. nauch. shkoly-konf., 16–21 sentjabrja 2019 g., Syktyvkar, Rossi-ja. Syktyvkar: IB FIC Komi NC UrO RAN, 2019. pp. 112–115.
11. *Rjabushko L.I.* Sostojanie izuchennosti mikrofitobentosa Argentinskih ostrovov Antarktiki // Pri-rodnaia sreda Antarktiki: sovremennoe sostojanie izuchennosti: materialy konf. Trudy BGU. 2016. Vol. 11. Ch. 1. pp. 337–350.
12. *Kolda A., Ljubešić Z., Gavrilović A. et al.* Metabarcoding Cyanobacteria in coastal waters and sediment in central and southern Adriatic Sea. *Acta Bot. Croat.* 2020. Vol. 79 (2). pp. 157–169. DOI: 10.37427/botcro-2020-021
13. *Sooroojebally R., Bhagea R., Nadeem N., Bhoyroo V.* Marine cyano-bacteria from Mauritian wa-ters // *Phycology International*. 2018. Vol. 1. No 57. pp. 5–9.
14. *Ford A.K., Bejarano S., Nuges M.M. et al.* Reefs under Siege – the Rise, Putative Drivers, and Consequences of Benthic Cyanobacterial Mats. *Front. Mar. Sci.* 2018 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00018>
15. *Sun F.-L., Wang Y.-S., Wu M.-L., Sun C.-C.* Cyanobacterial community diversity in the sedi-ments of the Pearl River Estuary in China. *Sci. Mar.* 2017. Vol. 81 (4). pp. 477–485. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.04106.07A>
16. *Bondarenko A.V.* Mikrovodorosli bentosa krymskogo pribrezh'ja Azovskogo morja: dis. ... kand. biol. nauk. Sevastopol', 2017. 237 p.
17. *Balycheva D.S., Rjabushko L.I.* Mikrovodorosli bentosa zapovednika «Lebjazh'i ostrova» (Cher-noe more). *Zapovednaja nauka*. 2017. Vol. 2 (Suppl. 2). pp. 9–18. DOI: 10.24189/ncr.2017.027
18. *Vinogradova O.N., Brjanceva Ju.V.* Taksonomicheskaja revizija Syanobacteria / Cyanoprokaryo-ta cher-nomorskogo poberezh'ja Ukrainy. *Algologia*. 2017. Vol. 27(4). pp. 436–457. DOI: 10.15407/alg27.04.436

19. *Rjabushko L.I., Bondarenko A.V., Li R.I.* Mikrovodorosli morskih akvatorij goszakaznika «Buhta Kazach'ja», Karadagskogo (Chjornoe more) i Kazantipskogo (Azovskoe more) zapovednikov Ukrainy: materialy VIII z'їzdu Ukraїns'kogo botan. tovaristva L'viv, 19–23 veresnja 2011 r. L'viv, 2011. 321 p.
20. *Zaitsev Y.P., Polikarpov G.G.* Re-cently Discovered New Biospheric Pelocontour Function in the Black Sea Reductive Bathyal Zone. *J. Black Sea / Mediterranean Environment*. 2008. Vol. 14. pp. 151–165.
21. *Vasser S.P., Kondrat'eva N.V., Masjuk N.P. i dr.* Vodorosli. Spravochnik. Kiev: Naukova dumka, 1989. 608 p.
22. *Kondrat'eva N.V.* Sin'ozeleni vodorosti – Cyanophyta. Ch. 2. Klass Gormogoniev – Hormogoniophyceae: v kn. *Viznachnik prysnovodnih vodorostej Ukraїns'koї RSR*. Vol. 1. Kiїv: Naukova dumka, 1968. 523 p.
23. *Kondrat'eva N.V., Kovalenko O.V., Prihod'kova L.P.* Sin'ozeleni vodorosti – Cyanophyta. Zagal'na ha-rakteristika sin'ozelenih vodorostej – Cyanophyta. Klass Hrokokovi – Chroococcophyta. Klass Hamesifonovi – Chamaesiphonophyceae: v kn. *Viznachnik prysnovodnih vodorostej Ukraїns'koї RSR*. Vol. 1. Kiїv: Naukova dumka, 1984. 388 p.
24. *Komárek J., Kašovsky J., Mareš J., Johansen J.R.* Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*. 2014. No 86. pp. 295–335.
25. *Stomp M., Huisman J., de Jong F., et al.* Adaptive divergence in pigment composition promotes phytoplankton biodiversity. *Nature*. 2004. Vol. 432. pp. 104–107.
26. *Impacts of Climate Change on the Occurrence of Harmful Algal Bloom* // United States Environmental Protection Agency. 2013 / <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/climatehabs.pdf> (data ob-rashhenija: 19.10.2020).