

## БОТАНИКА

УДК 579.26

*А. Л. Панин, Е. А. Богумильчик, А. Н. Шаров, Д. Ю. Власов, М. С. Зеленская,  
А. В. Толстиков, Ш. Б. Тешебаев, Г. Я. Ценева, Л. А. Краева, В. Б. Сбойчаков, В. Н. Болахан*

### ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫЕ МАТЫ КАК ОБЪЕКТЫ МОНИТОРИНГА АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ\*

#### Введение

Микробиологический мониторинг является объективным методом исследования, наблюдения, оценки и прогноза влияния деятельности человека на состояние окружающей среды, а также наиболее обоснованным методом комплексной оценки уровня антропогенного воздействия на природные объекты. Исследования территорий, охваченных деятельностью РАЭ, проводятся с 1997 г. (42 научные работы в сезон РАЭ). Показано, что динамика состава микробиоты обусловлена не только климатическими

---

*Панин Александр Леонидович* — преподаватель, ФГКВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; e-mail: alp.52@mail.ru

*Богумильчик Елена Александровна* — науч. сотр., ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; e-mail: tsenevapasteur@yandex.ru

*Шаров Андрей Николаевич* — канд. биол. наук, Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН; e-mail: sharov\_an@mail.ru

*Власов Дмитрий Юрьевич* — д-р биол. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: dmitry.vlasov@mail.ru

*Зеленская Марина Станиславовна* — канд. биол. наук, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: marsz@yandex.ru

*Толстиков Алексей Владимирович* — канд. геогр. наук, Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН; e-mail: tolstikov@nwpi.krc.karelia.ru

*Тешебаев Шамиль Балтабаевич* — канд. мед. наук, Центр полярной медицины арктического и антарктического НИИ; e-mail: srm@aari.ru

*Ценева Галина Яковлевна* — д-р мед. наук, профессор, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; e-mail: tsenevapasteur@yandex.ru

*Краева Людмила Александровна* — д-р мед. наук, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; e-mail: tsenevapasteur@yandex.ru

*Сбойчаков Виктор Борисович* — д-р мед. наук, профессор, ФГКВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; e-mail: sb1950@mail.ru

*Болахан Василий Николаевич* — д-р мед. наук, доцент, НИЦ ФГКВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; e-mail: alp.52@mail.ru

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 10-05-00963, № 10-04-01181-а), а также ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (государственный контракт № 11.519.11.2003 от 17 августа 2011 г.).

© А. Л. Панин, Е. А. Богумильчик, А. Н. Шаров, Д. Ю. Власов, М. С. Зеленская, А. В. Толстиков, Ш. Б. Тешебаев, Г. Я. Ценева, Л. А. Краева, В. Б. Сбойчаков, В. Н. Болахан, 2013

факторами, но и антропогенной нагрузкой. При комплексном обследовании прибрежных территорий, характеризующихся наибольшим биоразнообразием в Антарктике, специальное внимание было уделено лишайникам, как индикаторам состояния полярных экосистем [1]. Однако в ходе дальнейших обследований было обнаружено, что в ряде районов Антарктиды, различающихся по климатическим условиям и степени антропогенной нагрузки, доминируют цианобактериальные маты (ЦБМ). Они заселяют грунты после освобождения пространства от многолетних ледников, образуют крупные отложения в континентальных озерах, участвуют в почвообразовании. Близость ЦБМ к полярным станциям позволяет предположить, что они реагируют на изменения условий обитания под влиянием человека и могут быть использованы в целях биоиндикации антарктических экосистем.

ЦБМ — автономное сообщество, где присутствуют и продукционная ветвь углеродного цикла, осуществляемая цианобактериями (ЦБ), и деструкционная ветвь, осуществляемая разными бактериями [2]. Вопросы формирования разнообразия ЦБМ и взаимодействия микроорганизмов различных трофических групп остаются недостаточно исследованными. Так, нами впервые проведено исследование встречаемости иерсиний, псевдомонад и микромицетов в субаэральных и бентосных ЦБМ Антарктиды.

Цель исследования — охарактеризовать ЦБМ как индикатор изменения антарктических экосистем, оценить состав микроорганизмов, имеющих эпидемиологическое и эпизоотическое значение в полярных условиях Земли.

### Материал и методы исследования

Материалом для исследований послужили образцы ЦБМ и полученные из них субстраты, отобранные в районах полярных станций «Прогресс», «Новолазаревская», «Беллинсгаузен», обсерватории «Мирный», полевой базы «Дружная-4». За период полевых работ 56-й РАЭ с 12.2010 по 04.2011 г. исследовано 77 ЦБМ и мест их обитания в восточной и западной частях Антарктиды. Для привязки к местности применялся GPS-навигатор фирмы Garmin-60 CSx. Бурение льда на поверхности озер осуществлялось с помощью мотобура Hitachi (диаметр шнека 200 мм, толщина льда до 3 м). Отбор проб донных отложений производили трубчатым дночерпателем (стратометром) в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000. Исследуемый материал забирали в стерильные контейнеры и в пробирки с транспортной средой. Пробы в течение 24 ч доставляли в лабораторию научно-экспедиционного судна (НЭС) «Академик Фёдоров» и до проведения исследований в судовой лаборатории сохраняли при температуре +4 °С. Часть материала сохраняли при -25 °С в морозильной камере до завершения экспедиции для идентификации ЦБ и других микроорганизмов в соответствии с определителем Берджи [3].

Для культивирования и идентификации микромицетов применяли среды Чапека, Сабуро и картофельно-глюкозный агар. Выделение иерсиний, псевдомонад и других микроорганизмов из проб ЦБМ осуществляли при +26 °С на дифференциально-диагностической среде СБТС и агаре Эндо. Контролем выделенных культур служили эталонные штаммы из музеев ВМедА им. С. М. Кирова, СПбГУ и НИИЭМ им. Пастера. При наличии в пробах грамтрицательных палочек ставили тест на наличие у выделенных штаммов фермента оксидазы. Культуры, не имеющие оксидазы, подвергали биохимическому типированию с помощью тест-систем MIKRO-LA-TEST. Учет результатов производили с использованием компьютерной программы Lachema по обра-

ботке данных через 24 ч после инкубации проб при 37 °С. Штаммы бактерий, которые не удалось идентифицировать с помощью биохимических тестов, были изучены с помощью технологии MALDI TOF на приборе Bruker Daltonics.

### Результаты исследования и их обсуждение

ЦБМ в Антарктике приурочены к местам таяния льда, концентрации птиц и антропогенного загрязнения на разном удалении от объектов РАЭ. В основном они состояли из ЦБ — нитчатых, колониальных и одноклеточных микроорганизмов. В 77% образцов ЦБМ обнаружены ЦБ из родов *Pseudanabaena*, *Leptolyngbya*, *Oscillatoria*, *Nostoc*. Как правило, они являются основным компонентом микробных матов и способны выживать в широких диапазонах освещенности и температуры.

Для ЦБМ характерно разнообразие окраски, зависящее от доминирования определенных групп организмов (водорослей или ЦБ) в их поверхностном слое и, надо полагать, от состава субстрата, на котором развиваются данные сообщества. Чаще встречались маты сине-зеленого, черного, бурого, рыжего (рис. 1) и сероватого цветов.

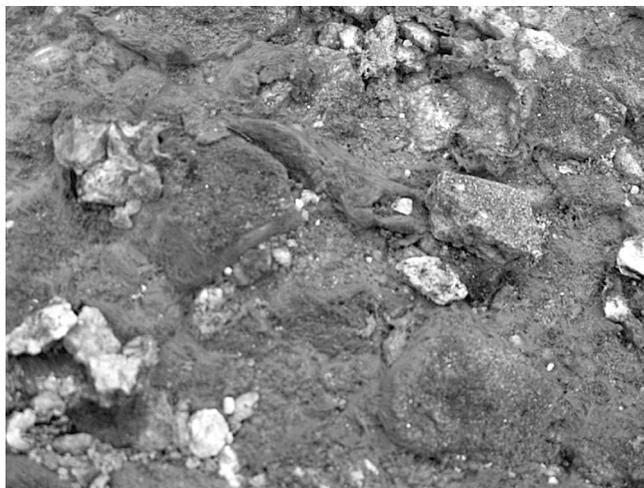


Рис. 1. Дно небольшого озера покрыто цианобактериальным матом рыжего цвета

Редко обнаруживали красную и пурпурную окраску. Толщина ЦБМ весьма изменчива: первичные маты были достаточно тонкими а многолетние — имели значительную толщину и хорошо выраженную слоистость, образованную чередованием органических и минеральных слоев (рис. 2). Для всех этих образований характерно наличие нескольких основных зон, имеющих определенный набор микроорганизмов с присущим только им метаболизмом. Первая зона окислительного фотосинтеза с ЦБ характеризовалась рыхлой структурой. В ней сосредоточено основное видовое многообразие микроорганизмов. Анаэробная зона может достигать в озерных матах толщины нескольких десятков сантиметров. Для слоев с анаэробной деструкцией характерна сложная последовательность реакций, осуществляемых различными функциональными группами организмов [4]. Нижние слои ЦБМ плавно переходят в полностью минерализованные осадки, в образовании которых принимают активное участие микроорганизмы.

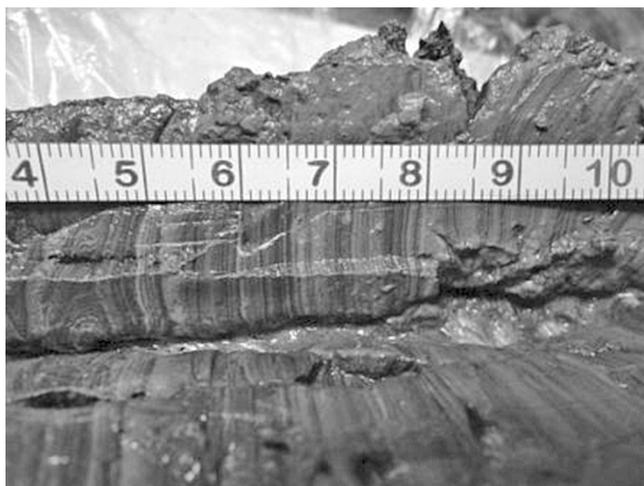


Рис. 2. Слоистая структура донных осадков оз. Поморник в районе станции «Новолазаревская», расположенной на территории оазиса Ширмахера

Годичный слой составляет примерно 0,5 мм.

Наибольшей мощности ЦБМ достигают в глубоких озерах, где амплитуды гидрофизических параметров в придонном слое в течение года изменяются незначительно. Это относится в первую очередь к температуре. Например, в осадках оз. Глубокого в районе станции «Молодежная» (оазис Холмы Тала) на глубине 30 м были обнаружены мощные ЦБМ (до 30 см). Температура придонного слоя воды здесь в течение года находится в пределах 3,8–4,2 °С. В летний период, несмотря на постоянный трехметровый покров льда, на оз. Глубоком 10–15% приходящей солнечной радиации достигает его дна (из-за постоянных ветров на ледяной поверхности полностью отсутствует снег, а вода имеет высокую прозрачность). Такие условия позволяют ЦБ фотосинтезировать на значительной глубине. Аналогичная ситуация прослеживается и в других глубоких озерах Восточной Антарктиды (рис. 3).



Рис. 3. Донные осадки оз. Поморник. Осадочный материал с глубины 12 м. Многослойный ЦБМ.

Слоистая структура объясняется разной интенсивностью роста ЦБ в течение года и может служить для определения возраста осадков и оценки изменений климатических и экологических условий.

Слоистая структура объясняется разной интенсивностью роста ЦБ в течение года и может служить для определения возраста осадков и оценки изменений климатических и экологических условий.

Наиболее мощные субаэральные цианобактериальные маты были зафиксированы в районах образования колоний птиц. В качестве включений в таких матах преобладали

перья, гуано, мелкие фрагменты скелета птиц и других животных. Близость ЦБМ к орнитогенным и антропогенным местообитаниям позволяет предположить, что в состав субаэральных матов входят микроорганизмы, имеющие эпидемиологическое и эпизоотическое значение. Это предположение было частично подтверждено в результате выделения одиннадцати культур *Yersinia enterocolitica* из проб, взятых на территории колонии пингвинов Адели о-ва Хасуэлл в районе обсерватории «Мирный». Среди полученных штаммов у пяти были выявлены факторы патогенности. Эти исследования позволили подтвердить необходимость расширения поиска других бактериальных агентов — таких как псевдомонады и листерии в орнитогенных и антропогенных местообитаниях в Антарктике [5]. Вокруг объектов РАЭ достаточно широко встречаются субаэральные цианобактериальные маты ржавого цвета (различные оттенки коричневой окраски). Природа этого явления, вероятно, связана не только с высоким содержанием железа в антарктических грунтах, но и с наличием металлолома вокруг полярных станций и полевых баз. Значение железа доказано не только для метаболизма ЦБ, но и для таких психрофильных микроорганизмов, как *Yersinia* [6]. Одним из главных различий между слабо- и высокопатогенными иерсиниями можно считать их способность захватывать молекулярное железо, необходимое для системной диссеминации в организме хозяина. Важно отметить, что при определенных условиях жизнедеятельность *Y. pseudotuberculosis* зависит от взаимодействия с цианобактериями *Anabaena variabilis* [7]. Взаимовлияние этих организмов было показано на популяционном и ультраструктурном уровнях.

В результате бактериологических исследований в пробах ЦБМ и связанных с ними субстратов нами выявлены бактерии 28 видов из 20 родов и 9 семейств (табл. 1). Большинство полученных штаммов (12) представляет сем. *Enterobacteriaceae*, значительную долю — сем. *Pseudomonadaceae* (5 штаммов). Представляет интерес выделение *Shigella dysenteriae* и пяти видов рода *Serratia*. Если первый вид относится к патогенным микроорганизмам, то большинство бактерий рода *Serratia* являются условно-патогенными. Большинство видов рода *Pseudomonas* относится к непатогенным бактериям, широко встречающимся в окружающей среде.

Специальное внимание в наших исследованиях было уделено составу микромицетов, которые способны входить в гетеротрофный блок ЦБМ. Ранее было показано, что микроскопические грибы имеют значительное распространение в районах расположения полярных станций в Антарктиде [8]. Очевидно, что вместе с антропогенными и зоогенными субстратами, а также фрагментами горных пород и первичной почвы микромицеты могут оказываться в составе ЦБМ и составлять гетеротрофный блок этих сообществ. Отметим, что ранее состав микромицетов в ЦБМ практически не изучался. Для понимания возможных путей вовлечения грибов в субаэральные и бентосные ЦБМ нами проведено сравнительное микологическое исследование образцов ЦБМ, грунта из мест скопления птиц, а также первичных почв, формирующихся при участии мхов и лишайников. Образцы были отобраны в прибрежных районах восточной части Антарктиды. Всего в ходе исследований выявлено 46 видов микромицетов, а также неспорулирующие светло- и темноокрашенные формы грибов (табл. 2).

Результаты микологических исследований свидетельствуют о значительном разнообразии микромицетов в пробах ЦБМ (39 видов, неспорулирующие формы). В грунтах из мест скопления птиц (с включениями зоогенных субстратов) вблизи от

Таблица 1. Видовой состав и таксономическое положение бактерий, выявленных в образцах ЦБМ и связанных с ними субстратов

Вид	Семейство	Порядок	Класс
<i>Achromobacter xyloso</i>	<i>Alcaligenaceae</i>	Burkholderiales	Betaproteobacteria
<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	<i>Moraxellaceae</i>	Pseudomonadales	Gammaproteobacteria
<i>A. Iwoffii</i>	То же	То же	То же
<i>Alcaligenes faecalis</i>	<i>Alcaligenaceae</i>	Burkholderiales	Betaproteobacteria
<i>Brevundimonas vesicularis</i>	<i>Pseudomonadaceae</i>	Pseudomonadales	Gammaproteobacteria
<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>Burkholderiaceae</i>	Burkholderiales	Betaproteobacteria
<i>B. pseudomallei</i>	То же	То же	То же
<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	Gammaproteobacteria
<i>Comamonas terrigena</i>	<i>Comamonadaceae</i>	Burkholderiales	Betaproteobacteria
<i>Eikinya corrodent</i>	<i>Pasteurellaceae</i>	Pasteurellales	Gammaproteobacteria
<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	»
<i>Kingella denitrificans</i>	<i>Neisseriaceae</i>	Neisseriales	Betaproteobacteria
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	Gammaproteobacteria
<i>Oligella ureolytica</i>	<i>Alcaligenaceae</i>	Burkholderiales	Betaproteobacteria
<i>Photorhabdus asymbiotica</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	Gammaproteobacteria
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonadaceae</i>	Pseudomonadales	То же
<i>P. luteola</i>	То же	То же	»
<i>P. oryzihabitans</i>	»	»	»
<i>P. putida</i>	»	»	»
<i>Serratia ficaria</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	»
<i>S. grimesii</i>	То же	То же	»
<i>S. liquefaciens</i>	»	»	»
<i>S. marcescens</i>	»	»	»
<i>S. plymuthica</i>	»	»	»
<i>Shigella dysenteriae</i>	»	»	»
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	<i>Xanthomonadaceae</i>	Xanthomonadales	»
<i>Tatumella ptyseos</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobacteriales	»
<i>Yersinia aldovae</i>	То же	То же	»

ЦБМ выявлено 24 вида грибов, причем значительная часть из них (16 видов и неспорулирующие формы) отмечались и в составе ЦБМ. Этот факт указывает на ведущую роль зоогенного фактора в формировании микобиоты ЦБМ. Существенно меньше видов было зарегистрировано в первичных почвах (10 видов и неспороносящий темноокрашенный гриб), причем 70% из них были встречены и в составе ЦБМ. Следует отметить, что в пробах ЦБМ были выявлены микромицеты, характеризующиеся как космополитные виды. Доминирующими по числу видов оказались два рода — *Penicillium* (8 видов) и *Aspergillus* (6 видов). Ранее большинство из них было выявлено нами на антропогенных субстратах в районах расположения полярных станций в западной Антарктике [8]. Этот факт указывает на существенную роль антропогенного фактора в распространении микромицетов в Антарктике и вовлечении их в сложные микробные сообщества (ЦБМ). Необходимо подчеркнуть, что большую часть представленного видового списка составляют микромицеты, известные как условные патогены человека. В связи с этим особого внимания заслуживает максимально высокая

Таблица 2. Видовой состав микромицетов, изолированных из ЦБМ и связанных с ними местообитаний

Виды микромицетов	Местообитания		
	ЦБМ	Грунт из мест скопления птиц	Первичная почва
1	2	3	4
<i>Acremonium</i> sp.	+	-	-
<i>Aspergillus candidus</i>	+	-	-
<i>A. nidulans</i>	+	-	-
<i>A. niger</i>	+	-	-
<i>A. ochraceus</i>	+	-	+
<i>A. ustus</i>	+	+	-
<i>A. versicolor</i>	+	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	+	-	-
<i>C. sphaerospermum</i>	+	-	-
<i>Coniosporium</i> sp.	+	-	-
<i>Exophiala moniliae</i>	+	-	+
<i>Fusarium spotrichioides</i>	+	-	-
<i>Geomyces pannorum</i>	+	+	+
<i>Gliocladium catenulatum</i>	-	+	+
<i>Monodictys levis</i>	+	+	-
<i>Paecilomyces javanicus</i>	+	+	-
<i>P. variotii</i>	+	+	-
<i>P. viridis</i>	+	-	+
<i>Penicillium chrysogenum</i>	-	+	-
<i>P. citrinum</i>	+	+	-
<i>P. decumbens</i>	+	-	-
<i>P. granulatum</i>	+	+	-
<i>P. herqueri</i>	+	+	+
<i>P. lanosum</i>	+	+	+
<i>P. purpurescens</i>	+	-	-
<i>P. purpurogenum</i>	-	+	+
<i>P. spinulosum</i>	+	+	-
<i>P. steckii</i>	-	+	-
<i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>	+	+	-
<i>P. verrucosum</i> var. <i>verrucosum</i>	-	+	-
<i>Phaeosclera dematioides</i>	+	-	-
<i>Phialemonium curvatum</i>	+	-	-
<i>P. obovatum</i>	+	+	+
<i>Phialophora fastigiata</i>	+	-	-
<i>Phoma glomerata</i>	+	-	-
<i>P. herbarum</i>	+	-	-
<i>Polyscytalum fecundissimum</i>	+	-	-
<i>Rhizopus stolonifer</i>	+	+	-
<i>Scopulariopsis brumptii</i>	+	-	-
<i>Scytalidium lignicola</i>	+	-	-
<i>Septonema fasciculare</i>	+	-	-

1	2	3	4
<i>Thelebolus globosus</i>	+	+	–
<i>T. microsporus</i>	–	–	+
<i>T. microsporus</i> sp.	–	+	–
<i>Trichoderma viride</i>	+	+	–
<i>Ulocladium chartarum</i>	+	+	–
Неспороносящий светлоокрашенный гриб	+	+	–
Неспороносящий темноокрашенный гриб	+	+	+

встречаемость грибов *Aspergillus niger* в ЦБМ вблизи полевой базы «Дружная-4», которая была приурочена к местам антропогенного загрязнения. Наибольшее видовое разнообразие грибов в пробах ЦБМ было зафиксировано в зонах антропогенного влияния у станции «Прогресс» (22 вида) и полевой базы «Дружная-4» (20 видов).

Полученные данные свидетельствуют о значительном представительстве в изученных образцах бактерий и грибов, характеризующихся условной патогенностью. Особенно высока их доля в пробах ЦБМ и связанных с ними субстратов на территориях, подвергающихся антропогенному воздействию. Особенности утилизации отходов, их количество на открытых участках приводят к тому, что мелкие частицы отходов переносятся ветром на значительные расстояния и оседают на поверхности снега, льда и обнажений горных пород. Таяние снега и рельеф местности концентрируют в определенных местах эти антропогенные субстраты, и они включаются в метаболизм формирующихся ЦБМ. Вместе с ними в состав матов попадают и микроскопические грибы, которые, предположительно, могут играть заметную роль в гетеротрофном блоке ЦБМ. Хозяйственная деятельность на объектах РАЭ, а также полярных станциях ряда стран приводит к значительному перемещению масс грунта: образуются временные водотоки, где также активно развиваются ЦБМ.

### Заключение

Таким образом, ЦБМ в районах расположения полярных станций в Антарктике могут иметь двоякие последствия. С одной стороны, они создают биологические субстраты, которые в Антарктиде представлены весьма скудно. Они представляют собой своеобразные места концентрации микроорганизмов и в ряде случаев составляют основу Антарктических экосистем. ЦБМ обладают устойчивостью к высокому уровню УФ-излучения, препятствуют смыву потоком воды органического вещества, так как клейкие вещества скрепляют частицы грунта и тем самым защищают первичную почву от эрозии. С другой стороны, в ЦБМ могут создаваться условия сохранения и размножения (резервуар) патогенных и условно патогенных микроорганизмов. Это способно привести к изменчивости микробиоты в окружающей среде прибрежных полярных станций и представлять опасность возникновения заболеваний у людей и животных. Некоторые виды ЦБМ могут быть токсичны. С учетом наличия матов в русле водотоков и на дне водоемов, примыкающих к полярным станциям и используемых в каче-

стве источников для хозяйственно-бытовых нужд и водоснабжения, необходимо изучать ЦБМ с токсикологической точки зрения. Кроме того, в этих образованиях могут накапливаться нефтепродукты и опасные для здоровья вещества.

Практическое значение изучения ЦБМ состоит в том, что они являются объективным индикатором санитарно-эпидемиологического состояния районов размещения полярных станций и полевых баз, что может быть использовано в целях мониторинга антропогенного воздействия на экосистемы Антарктики.

## Литература

1. Андреев М. П. Лишайники региона залива Прюдс (Восточная Антарктика) // Новости систематики низших растений. СПб.: Наука, 2006. Т. 39. С. 188–198.
2. Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 248 с.
3. Определитель бактерий Берджи / под ред. Г. А. Заварзина. М.: Мир, 1997. Т. 1–2. 800 с.
4. Герасименко Л. М., Орлеанский В. К. Актуалистическая палеонтология цианобактерий // Тр. Ин-та микробиол. им. С. Н. Вернадского. М.: Наука, 2004. Вып. 12. С. 80–108.
5. Горбунов Г. А., Панин А. Л., Тешебаев Ш. Б. Изучение механизмов взаимного влияния орнитофауны и антропогенного воздействия в районах размещения объектов Российской антарктической экспедиции в условиях прибрежной Антарктиды // Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. «Инфекции, обусловленные иерсиниями». СПб.: НИИЭМ им. Пастера, 2006. С. 63–64.
6. Иерсинии и иерсиниозы / под ред. Г. Я. Ценовой. СПб.: Бастион, 2006. 168 с.
7. Солохина Л. В. Ассоциация *Yersinia pseudotuberculosis* с цианобактериями (популяционный и ультраструктурный анализ): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 20 с.
8. Грибы на природных и антропогенных субстратах в Западной Антарктиде / Власов Д. Ю., Зеленская М. С., Кирцидели И. Ю., Абакумов Е. В., Крыленков В. А., Лукин В. В. // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46, вып. 1. С. 20–26.

Статья поступила в редакцию 11 декабря 2012 г.